



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia de Sistemas de Potência e Automação**



# **UMA ABORDAGEM À MANUTENÇÃO DE POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO AÉREOS**

**JOSÉ PEDRO MENDES CARDOSO**  
(Licenciado em Engenharia Electrotécnica)

Dissertação de Mestrado para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Electrotécnica – Ramo de Energia

Orientador:

Professor Victor Manuel Fernandes Mendes

Júri:

Presidente: Professor Constantino Vital Sopa Soares

Vogais:

Professor Victor Manuel Fernandes Mendes

Professor Fernando Manuel Duarte Oliveira Nunes

**Abril de 2014**

Dissertação realizada sob orientação de

**Doutor Victor Manuel Fernandes Mendes**

Professor Coordenador com Agregação da Área Departamental de Engenharia de

Sistemas de Potência e Automação

**Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**

## **Resumo**

*Esta dissertação aborda a manutenção de equipamentos em postos de transformação aéreos. Reúne informação retirada de fontes técnicas que têm escrito sobre esta manutenção.*

*É apresentada uma revisão da literatura sobre manutenção, abordando alguns dos tipos de manutenção existentes e assuntos relacionados com a gestão da manutenção. São identificados os tipos e componentes dos postos de transformação aéreos existentes em Portugal. Acções a serem desenvolvidas no âmbito da manutenção preventiva, acções de manutenção condicionada e uma avaliação dos riscos utilizando o método da matriz simples de Somerville são apresentadas.*

**PALAVRAS-CHAVE:** *Manutenção; Postos de Transformação Aéreos.*

## ***Abstract***

*This dissertation addresses the maintenance on air transformer substation equipments. Gathers information taken from technical sources who have written about this maintenance.*

*A review of the literature on maintenance is presented, addressing some of the existing types of maintenance and issues related to maintenance management. The types and components of air transformer substations in Portugal are identified. Actions to be taken under preventive maintenance, conditional maintenance and a risk assessment using the method of simple matrix Somerville are presented.*

**KEYWORDS:** *Maintenance, Air Transformer Substations.*

## ***Agradecimentos***

*Pela relevância do apoio recebido ao longo da elaboração desta dissertação, não devo deixar de prestar o meu agradecimento público às seguintes individualidades:*

*Ao meu orientador científico Professor Victor Mendes, a quem agradeço todo o apoio e disponibilidade, tornando possível a realização desta dissertação.*

*Ao Doutor Abdul Satar Abdul Hamid, pela nossa longa e forte amizade e pelo incentivo ao longo da minha vida profissional e académica.*

*Ao Engenheiro Bruno Falcato, pela disponibilidade, amizade e incentivo na realização deste trabalho.*

*Finalmente, pelo forte apoio constante da minha família a quem dedico esta dissertação.*

### ***Lista de Termos e Abreviaturas***

APA - American Psychological Association

NP EN - Versão Portuguesa da Norma Europeia

TPM - Total Productive Maintenance

SGV - State Government of Victoria, Austrália

SAMI - Strategic Asset Management Inc.

AESST - Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho

RCM - Reliability Centered Maintenance

EPA - United States Environmental Protection Agency

IP - Internet Protocol

EDP – Electricidade de Portugal, S.A.

AS – Abertura por Seccionador

AI – Abertura por Interruptor Seccionador

DST – Descarregadores de Sobretensão

QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão

TRE – Técnico Responsável pela Exploração das Instalações Eléctricas

DGEG - Direcção-Geral de Energia e Geologia

RSSPTS - Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento

PT – Posto(s) de Transformação

PTA – Posto(s) de Transformação Aéreo(s)

TET – Trabalhos em Tensão

MT – Média Tensão

D.G.E. – Direcção Geral de Energia

GMPT – Guia de Manutenção de Postos de Transformação Aéreos

## ***Lista de Figuras***

- Figura 1 (p. 32) Factores internos e externos que influenciam a estratégia da manutenção. Fonte Pinto (1999);
- Figura 2 (p. 33) As cinco principais questões do quadro da gestão de activos. Fonte: Office of Water da EPA. (2008);
- Figura 3 (p. 34) Importantes objectivos da engenharia de manutenção. Fonte: Dhillon (2006);
- Figura 4 (p. 35) Iceberg de custos. Fonte: Tajiri, Masaji e Fumio Gotoh (1991).
- Figura 5 (p. 40) A manutenção na estrutura de uma empresa de pequena dimensão. Fonte: Pinto (1999);
- Figura 6 (p. 40) A manutenção na estrutura de uma média empresa. Fonte: Pinto (1999);
- Figura 7 (p. 40) A manutenção na estrutura de uma grande empresa. Fonte: Pinto (1999);
- Figura 8 (p. 50) Vista geral de um PTA do tipo AI-1;
- Figura 9 (p. 51) Vista geral de um PTA do tipo AS;
- Figura 10 (p. 51) Vista geral de um PTA do tipo A;
- Figura 11 (p.55) Confirmação de ausência de tensão nas linhas, antes do início dos trabalhos;
- Figura 12 (p. 59) Processo de Gestão do Risco. Fonte: Nunes (2006)

### *Lista de Quadros*

Quadro 1 (p. 57)	Periodicidade das acções de manutenção preventiva. Fonte: GMPT, EDP Distribuição (2003);
Quadro 2 (p. 58)	Prazos para a resolução de avarias detectadas no âmbito das inspecções e manutenção preventiva. Fonte: GMPT, EDP Distribuição (2003);
Quadro 3 (p. 62)	Quadro 4 – Escalas de probabilidade (P) na matriz de Somerville. Fonte: Miguel (2005).
Quadro 4 (p. 62)	Quadro 4 – Escalas de gravidade (G) na matriz de Somerville. Fonte: Miguel (2005).
Quadro 5 (p.62)	Escalas para o nível do risco na matriz de Somerville. Fonte: Miguel (2005).
Quadro 6 (p.63)	Escalas para o índice do risco na matriz de Somerville. Fonte: Miguel (2005).
Quadro 7 (p.65)	Matriz de riscos na manutenção de postos de transformação aéreos.



## Índice

RESUMO .....	3
ABSTRACT .....	4
AGRADECIMENTOS .....	5
LISTA DE TERMOS E ABREVIATURAS .....	6
LISTA DE FIGURAS .....	7
LISTA DE QUADROS .....	8
ÍNDICE.....	9
1 INTRODUÇÃO .....	11
1.1 Enquadramento.....	11
1.2 Motivação.....	11
1.3 Organização do Texto .....	12
2 ESTADO DA ARTE.....	14
2.1 Evolução da Manutenção .....	14
2.2 Definições de Manutenção .....	16
2.3 Objectivos da Manutenção .....	19
2.4 Estratégia da Manutenção .....	21
3 TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	23
3.1 Manutenção Correctiva ou Curativa.....	23
3.2 Manutenção Preventiva.....	24
3.3 Manutenção Condicionada ou Preditiva .....	26
3.4 Manutenção Produtiva Total .....	27
3.5 Manutenção Centrada na Fiabilidade .....	28
4 GESTÃO DA MANUTENÇÃO.....	30
4.1 Gestão de Activos Físicos .....	32
4.2 Engenharia da Manutenção .....	33
4.3 Os Custos da Manutenção .....	34
4.4 Qualidade na Manutenção.....	36
4.5 O <i>Outsourcing</i> na Manutenção.....	38
4.6 Organização Interna da Manutenção .....	38
4.7 Algumas Terminologias Associadas a Indicadores Teóricos de Manutenção ..	41
4.7.1 Manutibilidade.....	42

4.7.2	Fiabilidade ou Confiabilidade .....	43
4.7.3	Falha.....	44
4.7.4	Avaria.....	44
4.8	Ciclo de Vida de um Equipamento.....	45
4.9	Conservação Versus Manutenção.....	45
4.10	Perspectivas Sobre o Futuro da Manutenção.....	46
5	MANUTENÇÃO DE POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO AÉREOS .....	48
5.1	Tipos de Postos de Transformação Aéreos .....	48
5.2	Componentes dos Postos de Transformação Aéreos .....	52
5.3	Técnico Responsável pela Exploração das Instalações Eléctricas .....	53
5.4	Acções de Manutenção em Postos de Transformação Aéreos.....	54
5.4.1	Acções no Âmbito da Manutenção Preventiva .....	54
5.4.2	Acções de Manutenção Condicionada.....	57
5.4.3	Verificação das Resistências de Terra .....	58
5.5	Avaliação do Risco na Manutenção de Postos de Transformação Aéreos .....	58
5.5.1	Riscos e Perigos.....	60
5.5.2	Matriz Simples de Somerville .....	61
5.5.3	Matriz de Riscos em Postos de Transformação Aéreos.....	63
6	CONCLUSÕES .....	67
	BIBLIOGRAFIA .....	71
	ANEXO .....	75

# **1 Introdução**

## **1.1 Enquadramento**

Assuntos relacionados com manutenção de equipamentos são demasiadamente importantes para que sejam objecto de menos atenção por parte das organizações. A implementação e monitorização da manutenção de equipamentos e higiene, saúde e segurança no trabalho nas actividades da manutenção, são sem dúvida importantes para a competitividade das organizações e bem-estar dos trabalhadores. O âmbito do enquadramento desta dissertação envolve assuntos relacionados com a manutenção de postos de transformação aéreos em Portugal. Por um lado, e em particular, estão no âmbito da identificação dos tipos de postos de transformação aéreos existentes, da periodicidade das inspecções, de acções de manutenção preventiva a serem desenvolvidas e do acompanhamento da condição dos equipamentos através da manutenção condicionada. Por outro lado, estão dentro do âmbito da avaliação de riscos no âmbito da manutenção de postos de transformação aéreos, sendo usual a utilização da matriz simples de Somerville para a avaliação destes riscos.

## **1.2 Motivação**

A manutenção de postos de transformação aéreos deve obedecer a procedimentos bem definidos, devendo ser realizada e supervisionada por técnicos devidamente habilitados, que permitam garantir uma manutenção de elevada qualidade. Os procedimentos devem incluir a satisfação de condições de higiene, saúde e segurança no trabalho necessárias durante a sua execução. No contexto actual, as organizações nacionais encontram dificuldades na contratação de mão-de-obra especializada, devido à elevada saída de

técnicos extremamente qualificados para o exterior, daí a relevância do incremento da formação profissional de novos técnicos, que permitam garantir a continuidade da qualidade do serviço prestado. É neste contexto que surge a motivação para a elaboração desta dissertação dedicada à manutenção de postos de transformação aéreos, aliada ao percurso profissional do autor nesta área, para suprir uma falha de elementos de apoio que possam ser úteis para consulta no âmbito da formação de novos técnicos ou no aproveitamento do potencial humano das organizações não específico para actividades de manutenção de equipamentos.

### 1.3 Organização do Texto

A presente dissertação é composta por seis capítulos. No primeiro capítulo, é efectuada uma breve introdução ao tema escolhido para esta dissertação. No segundo capítulo é feita uma revisão da literatura sobre manutenção, abordando aspectos relacionados com a evolução ao longo do tempo, definição, objectivo e estratégia da manutenção. O terceiro capítulo estuda alguns dos tipos de manutenção existentes tais como: manutenção correctiva ou curativa, manutenção preventiva e manutenção condicionada ou preditiva. O quarto capítulo trata de assuntos relacionados com a gestão da manutenção tais como: gestão de activos físicos, engenharia da manutenção, custos da manutenção, qualidade na manutenção, *outsourcing* na manutenção, organização interna da manutenção, algumas terminologias associadas a indicadores teóricos de manutenção, ciclo de vida de um equipamento, conservação versus manutenção e perspectivas sobre o futuro da manutenção. O quinto capítulo aborda a manutenção de postos de transformação aéreos, identificando os tipos de postos de transformação aéreos existentes em Portugal e respectivos componentes, acções de manutenção

preventiva e condicionada a realizar em postos de transformação aéreos, responsabilidades do técnico responsável pela exploração, classificação da gravidade das anomalias existentes e estabelecimento de prioridades na resolução das mesmas e apresentada uma avaliação dos riscos utilizando o método da matriz simples de Somerville. No sexto capítulo são apresentadas as conclusões consideradas mais relevantes. As referências são indicadas por uma listagem que está de acordo com a norma estabelecida pela APA (*American Psychological Association*).

## 2 Estado da Arte

### 2.1 Evolução da Manutenção

A manutenção de equipamentos é uma acção que deve ser realizada em consequência do uso dos equipamentos. Assim, desde que o homem começou a utilizar utensílios no dia-a-dia, para a caça, pesca ou construção de abrigos, durante a época do paleolítico inferior ou seja, há cerca de dois milhões e meio de anos A.C. é expectável que tenha existido acções que permitiam recuperar os equipamentos utilizados no dia-a-dia. Por exemplo, no uso dos utensílios fabricados a partir de seixos, durante a existência da espécie *Homo habilis*, é provável que tenha recorrido à recuperação destes utensílios com o objectivo de os manter afiados com o fim de garantir a sua eficácia.

A manutenção como actividade técnica em organizações parece ter origem na era da industrialização da produção segundo Souris (1992) e, com o desenvolvimento das máquinas, integrando uma automatização cada vez mais crescente, substituindo o termo já aceite de conservação por manutenção.

Segundo Pinto (1999), até aos finais da década de quarenta do século vinte, a manutenção estava num estado embrionário, pois nas empresas industriais apenas se reparavam ou substituíam equipamentos ou componentes, quando surgiam avarias. Com o aparecimento das grandes cadeias de produção no começo dos anos cinquenta do século vinte, tem inicio o desenvolvimento progressivo da manutenção, visto que, as paragens por avarias acarretavam custos elevados.

Com a construção e entrada em serviço de grandes unidades nas indústrias do processo, os custos de funcionamento são agravados substancialmente quando não é conseguida uma elevada disponibilidade dos equipamentos para produção. Esta realidade vai fazer crescer e desenvolver a manutenção de uma fase primária, de reparação de avarias, para uma fase mais evoluída, a manutenção preventiva, o que determinará o aparecimento posterior da engenharia de manutenção e formas mais complexas de organização da manutenção nas empresas, Pinto (1999).

Outros autores como por exemplo Pinto & Xavier (1999), dividem a evolução da manutenção desde os anos trinta do século vinte em três gerações:

Primeira geração: abrange o período antes do início da segunda guerra mundial quando a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples, sobredimensionados e devido à conjuntura económica à época, a questão da produtividade não era prioritária para as organizações. Consequentemente, não era necessária uma manutenção sistematizada, apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparação após avaria ou seja, a manutenção era, fundamentalmente do tipo correctiva.

Segunda geração: decorre desde a segunda guerra mundial até aos anos sessenta do século vinte. As pressões do período da segunda guerra mundial aumentaram a procura de produtos, ao mesmo tempo que o contingente de mão-de-obra industrial diminui consideravelmente. Como consequência, houve forte aumento da mecanização e da complexidade das instalações industriais.

Terceira geração: a partir da década de setenta do século vinte, houve uma aceleração do processo de mudança nas indústrias. Na produção, os efeitos dos períodos de paralisação tiveram um agravamento pela tendência mundial de utilizar sistemas “*just-in-time*”, onde *stocks* reduzidos para a produção, significavam que pequenas pausas na produção e entrega, poderiam paralisar a fábrica.

Em Pinto (1999), a crescente automação industrial das últimas décadas do século vinte originou alguns imperativos como o custo crescente das matérias-primas, da energia e dos investimentos, que vieram colocar à indústria novos desafios e novas necessidades no que diz respeito ao aumento do tempo de vida útil dos equipamentos e simultaneamente à contenção de custos de produção. Tais imperativos foram reflectidos no desenvolvimento da organização e das técnicas de manutenção nas décadas de setenta e oitenta, com o aparecimento das técnicas de manutenção preventiva condicionada que, mercê do desenvolvimento tecnológico, rapidamente sofreram um desenvolvimento com apoio dos meios informáticos. Estas técnicas, permitiram uma nova redução dos custos de manutenção e, um aumento da disponibilidade dos equipamentos.

## 2.2 Definições de Manutenção

A definição de manutenção apresenta uma convergência verificada na investigação do estado da arte que permite afirmar um entendimento comum sobre a manutenção. Assim, é possível afirmar como manutenção um conjunto de acções técnicas, administrativas e de gestão com o objectivo de garantir o bom funcionamento dos equipamentos e disponibilidade para a produção.



Em Sacristán (1978), a manutenção é definida como um estado de espírito, uma consciência, uma sistematização de operações de conservação das instalações e maquinaria produtiva.

Em Souris (1992), todas as definições de manutenção, oficiais ou não, tendem a apresentar a manutenção como sendo a garantia da disponibilidade dos equipamentos, pela avaliação das imperfeições no património tecnológico investido. Deve ter em conta os objectivos da empresa e pode ser efectuada no âmbito de uma despesa materializada por um orçamento ou em relação com uma actividade industrial determinada.

Em Assis (1997), a manutenção pode ser definida como um conjunto de acções empreendidas com o objectivo de repor o sistema falhado nas condições operacionais de novo.

Em Quintas (1998), a manutenção visa garantir a integridade dos bens fixos, reparando, modificando ou substituindo bens fixos quando necessário, numa óptica de garantir a função dos mesmos, mais do que garantir o seu estado apenas.

Em Pinto & Xavier (1999), o conceito de manutenção é associado com a sua missão, referindo que é a de garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações, de modo a responder às solicitações da produção e à preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados.

Em Eurisko (2003), todo o equipamento está sujeito a um processo de deterioração, especialmente quando em actividade ou funcionamento para o qual foi concebido. Para

que a produtividade de uma instalação, constituída por uma diversidade enorme de equipamentos tenha resultados positivos, é necessário que todos os equipamentos sejam mantidos nas melhores condições de funcionamento. Assim, todo esse equipamento deverá sofrer ao longo da sua vida útil de funcionamento, reparações, inspecções programadas, rotinas preventivas programadas e adequadas, substituição de peças e órgãos, mudanças de óleo, lubrificações, limpezas, pinturas, correcções de defeitos resultantes quer do seu fabrico quer do trabalho que estiver a realizar. O conjunto de todas estas acções é designado por manutenção.

Em Cabral (2006), a manutenção é definida como o conjunto das acções destinadas a assegurar o bom funcionamento das máquinas e das instalações, garantindo que elas são intervencionadas nas oportunidades e com o alcance certos, por forma a evitar que avariem ou baixem de rendimento e, no caso de tal acontecer, que sejam repostas em boas condições de operacionalidade com a maior brevidade, tudo a um custo global optimizado.

Em Dhillon (2006), a manutenção é definida como um conjunto de acções necessárias para manter um equipamento em funcionamento ou restaurando o equipamento à sua condição específica de operacionalidade.

A NP EN 13306 (2007) define a manutenção como uma combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um equipamento, destinadas a manter ou repor o equipamento num estado em que pode desempenhar a função requerida.

Em Dantas (2010), a manutenção é definida como uma combinação de todas as acções técnicas, administrativas e supervisão, destinadas a manter ou recolocar um equipamento em estado no qual possa desempenhar uma função requerida pela organização.

Em Business Dictionary (2013), a manutenção é definida como o conjunto de acções necessárias efectuar para manter ou restaurar uma peça de equipamento, uma máquina, ou um sistema para uma condição operacional específica, de modo a atingir o seu máximo de vida útil.

### 2.3 Objectivos da Manutenção

Os aspectos comuns nas definições dos objectivos de manutenção pelos autores investigados no estado da arte associam os objectivos da manutenção com os objectivos globais definidos pela organização e a existência de um bom planeamento, coordenação e execução dos trabalhos a um custo óptimo por parte dos serviços de manutenção da organização.

Em Sacristán (1978), o objectivo da manutenção é conseguir com o mínimo custo o maior tempo de serviço das instalações e maquinaria em produção.

Em Westerkamp (1997), o objectivo principal da manutenção é manter os activos nas melhores condições. O objectivo da manutenção é providenciar um nível óptimo da quantidade e qualidade do serviço de manutenção, de modo seguro, a tempo e horas e a um custo razoável.

Em Pinto (1999), é afirmado que o responsável da manutenção terá de gerir os meios postos à sua disposição para atingir os seus objectivos. Terá pois que:

Organizar os recursos da manutenção de forma a assegurar a sua eficácia e eficiência;

Planear as acções de manutenção a aplicar durante um determinado período de tempo;

Programar as respectivas intervenções afectando os recursos necessários e definindo os metodos de trabalho a aplicar em cada intervenção;

Coordenar a realização dos trabalhos planeados e programados, de forma a assegurar a aplicação de técnicas de execução que garantam a qualidade do trabalho e o cumprimento dos prazos previstos para a sua execução;

Motivar os recursos humanos afectos à manutenção, com o objetivo de alcançar elevados níveis de produtividade.

Em Cabral (1999), os objectivos da manutenção têm que estar interligados aos objectivos globais da empresa, já que a manutenção afecta a rentabilidade do processo produtivo por via tanto da sua influência no volume e na qualidade da produção, como do seu custo. Por um lado melhora o desempenho e a disponibilidade do equipamento, por outro lado, acresce aos custos de funcionamento. O compromisso corresponde em encontrar o ponto de equilíbrio entre benefício e custo que maximize o contributo positivo da manutenção para a rentabilidade geral da organização.

Na NP EN 13306 (2007) é considerado como objetivos da manutenção, metas fixadas e aceites para as actividades de manutenção. As metas podem incluir, por exemplo, a

disponibilidade, os custos, a qualidade do produto, a preservação do ambiente e a segurança.

## 2.4 Estratégias da Manutenção

Os autores estudados convergem no sentido de que a estratégia da manutenção pode ser definida como um conjunto de metodologias a utilizar para atingir os objectivos da manutenção e por consequência os objectivos globais definidos pela organização.

Em Quintas (1998), a manutenção ao desenvolver a sua estratégia em sintonia com os objectivos da organização, tem de deixar de ser reactiva e passar a ser proactiva. A metodologia de desenvolvimento da estratégia de manutenção deve considerar:

- A compreensão da manutenção;
- A identificação do objectivo;
- A elaboração do plano de acção;
- A implantação de organização adequada.

Em Pinto (1999), a estratégia da manutenção deve estabelecer a forma de atingir um conjunto de objectivos, resultando da transposição para esta actividade dos objectivos definidos de forma mais geral para toda a empresa e em particular para a produção. Essa estratégia é influenciada por factores internos e externos à empresa, que depois de estabelecida será desenvolvida através de políticas adequadas como é resumido na ilustração apresentada na Figura 1.

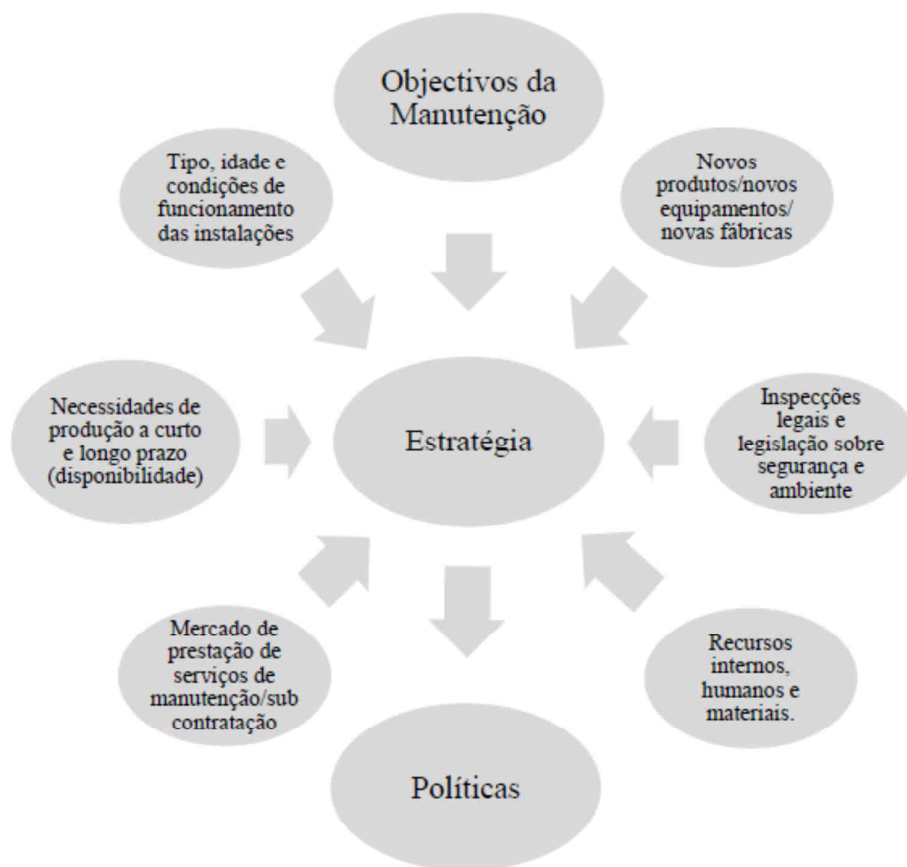


Figura 1 - Factores internos e externos que influenciam a estratégia da manutenção. Fonte Pinto (1999).

Em Pinto & Xavier (1999), a gestão estratégica da manutenção, consiste em actuar para evitar que ocorram falhas e não actuar apenas na correcção rápida destas falhas.

Na NP EN 13306 (2007) a estratégia de manutenção é definida como um método de gestão para atingir os objetivos da manutenção.

### **3 Tipos de Manutenção**

De acordo com os autores investigados é possível afirmar que existe uma concordância relativamente à existência de três tipos de manutenções que podem ser consideradas como clássicas: manutenção curativa ou correctiva, manutenção preventiva e manutenção condicionada ou preditiva. São também apresentadas outros tipos de manutenção menos generalizadas nas organizações tais como: manutenção produtiva total e manutenção baseada na fiabilidade.

#### **3.1 Manutenção Correctiva ou Curativa**

Os autores investigados na história da arte convergem no sentido de definir a manutenção correctiva ou curativa como a manutenção que é efectuada num equipamento após a detecção de uma avaria que provoque a paragem do equipamento ou que não permite o funcionamento normal do equipamento. É uma manutenção não planeada e que surge da necessidade de restaurar ou corrigir a aptidão do equipamento para desempenhar a função requerida.

Em Pinto & Xavier (1999), a manutenção correctiva é definida como a actuação para a correção de falha ou correcção de uma deficiência no desempenho do equipamento, sendo a acção principal da manutenção correctiva, corrigir ou restaurar as condições de funcionamento do equipamento. Ao intervir num equipamento que apresenta um defeito ou um desempenho diferente do esperado, estamos a efectuar manutenção correctiva. Assim, a manutenção correctiva não é, necessariamente, a manutenção de emergência.

Em Dhillon (2006), é uma acção de manutenção não planeada, que requer uma intervenção urgente ou que irá substituir trabalhos anteriormente agendados, para o mesmo período.

Em Cabral (2006), a manutenção correctiva é realizada depois da ocorrência de uma avaria com cessação da aptidão do equipamento para desempenhar a função requerida, destinada a restaurar a aptidão desse equipamento para realizar essa função.

Na NP EN 13306 (2007) a manutenção correctiva é definida como sendo aquela que é efectuada depois da detecção de uma avaria e destinada a repor um equipamento num estado em que pode realizar uma função requerida.

### 3.2 Manutenção Preventiva

Em Westerkamp (1997), a manutenção preventiva é definida como sendo o planeamento sistemático, planos anuais a intervalos regulares, e cumprimento dos planos de limpeza, lubrificação, reparações e substituição de componentes para:

Minimizar perdas de operação causadas por avarias;

Prolongar a vida útil dos activos essenciais;

Reduzir os custos em geral.

Em Pinto & Xavier (1999), é a manutenção realizada com o objectivo de reduzir ou evitar a falha ou deficiência no desempenho de um equipamento, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo. Inversamente



à política da manutenção correctiva ou curativa, a manutenção preventiva procura evitar a ocorrência de falhas.

Em Cabral (2006), é definida manutenção preventiva como sendo a que é realizada em intervalos de tempo pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um equipamento.

Em Dhillon (2006), a manutenção preventiva consiste no agendamento a intervalos pré-definidos de acções de inspecção e de manutenção a equipamentos, com o objectivo de diminuir as falhas nos equipamentos. As acções a realizar no âmbito da manutenção preventiva podem ser entre outras: inspecção, limpeza, ajustamento, calibração, substituição de componente, lubrificação, reparação de componente, equipamento e sistemas.

Na NP EN 13306 (2007) é definida manutenção preventiva como sendo a que é efectuada a intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um equipamento.

Os autores anteriormente citados convergem na definição de manutenção preventiva como sendo o planeamento atempado de intervenções nos equipamentos a intervalos pré-definidos com o objectivo de diminuir a probabilidade de ocorrência de falhas e degradação dos equipamentos. É designada por manutenção preventiva sistemática ou simplesmente por manutenção preventiva.

### 3.3 Manutenção Condicionada ou Preditiva

Como consequência das várias abordagens pelos autores investigados na história da arte pode ser afirmado que a manutenção condicionada ou preditiva é indispensável na manutenção de equipamentos. Permite acompanhar a condição física dos equipamentos através da análise da evolução de diversos parâmetros do equipamento e a decisão de intervir no equipamento é efectuada através de um planeamento antecipado minimizando perturbações na produção.

Em Westerkamp (1997), a manutenção condicionada é definida como sendo a medição das condições de funcionamento do equipamento, para detectar sintomas que estejam fora dos parâmetros físicos aceitáveis e identificar as causas. A manutenção condicionada inclui o agendamento atempado das reparações, resultados na melhoria da fiabilidade do sistema e aumento do ciclo de vida dos equipamentos a um custo razoável.

Em Pinto & Xavier (1999), a manutenção condicionada é definida como a actuação realizada com base na modificação dos parâmetros de condição ou desempenho do equipamento, cujo acompanhamento é periódico. O objectivo da manutenção condicionada é prevenir falhas nos equipamentos, através do acompanhamento de diversos parâmetros com o equipamento em funcionamento ou disponível para a produção pelo maior tempo possível. A manutenção condicionada privilegia a disponibilidade do equipamento, não promove a intervenção no equipamento, pois as medições e verificações são efectuadas com o equipamento em funcionamento ou disponível para a produção.

Em Cabral (2006), é a manutenção em que a decisão de intervenção preventiva é tomada no momento em que existem evidências de defeito eminente ou quando é atingido um patamar de degradação predeterminado no equipamento.

Em Farinha (2011), a manutenção condicionada é definida como uma abordagem ao planeamento da manutenção, generalizada em diversos sectores de actividade, tais como aeronáutica, siderurgias, refinarias de petróleo, navios, centrais térmicas, sendo suportada por um conjunto de tecnologias, designadamente as desenvolvidas nas últimas décadas, tais como a utilização de sensores e monitorização do desempenho dos objectos de manutenção, que têm permitido mais-valias muito significativas na fiabilidade e no desempenho das instalações e equipamentos.

### 3.4 Manutenção Produtiva Total

A manutenção produtiva total é denominada na literatura anglo-saxónica por *total productive maintenance* (TPM), esta sigla é utilizada nesta secção para referir o nome de manutenção produtiva total. Segundo os autores estudados na história da arte pode ser afirmado que a manutenção produtiva total tem como objectivo atingir a meta de zero avarias em equipamentos envolvendo todos os colaboradores da organização desde o topo da hierarquia até à base.

Em Pinto (1999), a TPM tem como envolvente o conceito do ciclo de vida dos equipamentos, que considera os custos de aquisição, utilização, manutenção e abate. O objetivo é a maximização da disponibilidade dos equipamentos para produção através da meta “zero avarias”, com a consequente eliminação das perdas de produção. É caracterizada basicamente pelos seguintes aspectos:

Envolvimento e participação nos objectivos da empresa, desde o topo da hierarquia até à base;

Envolvimento de toda a estrutura da empresa no processo, particularmente os departamentos que têm maior participação no ciclo de vida dos equipamentos como sejam os de novas instalações, de produção, de estudos, e de manutenção;

Estabelecimento de programas de manutenção preventiva cobrindo o ciclo de vida dos equipamentos;

Promoção do estudo e análise das avarias e procura de soluções para as evitar através de grupos de actividade autónomos;

Promoção da execução de operações de manutenção pelos operadores de equipamentos.

Em Cabral (2006), tem como objectivo principal a eliminação de falhas, defeitos e outras formas de perdas e desperdícios, visando a maximização global da eficiência dos equipamentos, com o envolvimento de todos, a todos os níveis. É a manutenção conduzida com a participação de todos, desde os operadores das máquinas e do pessoal da manutenção, até ao nível superior de gestão, passando pelos quadros intermédios.

### 3.5 Manutenção Centrada na Fiabilidade

A manutenção centrada na fiabilidade é denominada na literatura anglo-saxónica por *Reliability Centered Maintenance* (RCM), esta sigla é utilizada nesta secção para referir o nome de manutenção centrada na fiabilidade. Os autores investigados no estado da arte convergem na definição de RCM pelo que pode ser afirmado que a RCM é uma combinação de várias metodologias no sentido de melhorar a fiabilidade do equipamento.

Em Moubray (1997), a RCM é definida como um processo utilizado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer equipamento no seu contexto operacional.

Em Pinto & Xavier (1999), a RCM é definida como um processo para determinar as acções necessárias efectuar para assegurar que qualquer equipamento continue a cumprir as funções desejadas no seu contexto operacional actual.

Em Pinto (1999), a RCM é definida como uma metodologia própria para determinar as políticas de manutenção que devem ser aplicadas aos equipamentos considerados no seu contexto operacional e estabelecidas com base em critérios de fiabilidade que decorrem da análise sistemática das avarias através da aplicação de métodos específicos tais como o FMEA -*Failure Mode Effects and Analysis*.

Em Cabral (2006), a RCM é definida como uma metodologia de trabalho fundamentalmente destinada a eleger, para cada equipamento, em função do seu grau de criticidade, a combinação ideal das manutenções de melhoria, preventiva e correctiva.

Em Dhillon (2006), a RCM pode ser definida como um método sistemático para identificar as tarefas associadas à manutenção preventiva, necessárias para a realização da fiabilidade do equipamento.

Em Farinha (2011), a RCM corresponde a uma abordagem da gestão industrial focada na identificação e estabelecimento de políticas de melhoria da manutenção e de investimentos de capital, conducentes a gerir os riscos das falhas dos equipamentos mais eficazmente.

## 4 Gestão da Manutenção

Como consequência das várias abordagens da gestão da manutenção nos autores estudados na história de arte pode ser afirmado que a gestão da manutenção é indispensável na manutenção de equipamentos numa organização. Deve participar no esforço de atingir os objectivos e estratégias da manutenção de equipamentos através do planeamento, execução dos trabalhos e controlo de custos.

Em Pinto (1999), a manutenção aparece desde logo constituída por uma componente de gestão e uma componente técnica, em que a dimensão da empresa onde está inserida a manutenção, determina as proporções relativas destas componentes. O responsável da manutenção numa pequena empresa com escassos meios de manutenção terá uma componente de actividade iminentemente técnica, contra uma pequena actividade de gestão. À medida que cresce a dimensão da empresa e os seus meios produtivos, a actividade manutenção envolverá também maior volume de recursos e na actividade do responsável da manutenção, a componente de gestão será superior, em contraponto com uma diminuição relativa da componente técnica.

Em Pinto (1999), a gestão a realizar pelo responsável da manutenção, envolve as seguintes actividades:

Planeamento: constituído pela elaboração do plano de manutenção de acordo com a política de manutenção adoptada, preparação, programação e execução dos trabalhos, envolvendo a duração das intervenções e os métodos operatórios a aplicar;

Realização: execução das intervenções de acordo com o planeamento, preparação e programação dos trabalhos estabelecidos, garantindo o prazo e qualidade nas intervenções;

Controlo de custos: apuramento de custos de mão-de-obra, materiais e serviços envolvidos nas intervenções. Acessoriamente, a responsabilidade do gestor da manutenção, envolverá as seguintes áreas adicionais à manutenção e de importância relevante:

Gestão de materiais: utilizados na manutenção quer estejam relacionados com materiais de uso corrente ou peças de reserva.

Gestão de pessoal: orientada no sentido de estimular e promover a motivação e uma formação adequada.

Em Cabral (2006), uma boa gestão da manutenção cria um conjunto de expectativas que podem, e devem, ser utilizadas em dois sentidos:

Primeiro: para convencer o nível superior de gestão da empresa a investir na manutenção;

Segundo: para ajudar a estabelecer metas e objectivos práticos em resultado do esforço da manutenção.

Na NP EN 13306 (2007) a gestão da manutenção é definida como sendo uma combinação de todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que são implementados através de diversos meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspectos económicos.

#### 4.1 Gestão de Activos Físicos

De acordo com os autores investigados no estado da arte pode ser afirmado que a gestão de activos físicos é uma metodologia que permite gerir o ciclo de vida de um equipamento com eficiência e eficácia ao menor custo possível.

Em SGV (1994), a gestão de activos é definida como o processo de liderar a aquisição, uso e descarte de activos, aproveitando ao máximo o potencial de prestação de serviços, gerindo os riscos e os custos ao longo do seu ciclo de vida. O principal objectivo da gestão de activos, é permitir que uma organização atinga os seus objectivos, com eficiência e eficácia.

Woodhouse (2001) define gestão de activos físicos como sendo o conjunto de disciplinas, métodos, procedimentos e ferramentas, que permitem otimizar o impacto dos custos nos negócios, ao longo do ciclo de vida dos activos físicos da organização, associado com a disponibilidade, eficiência, qualidade, longevidade, segurança e conformidade ambiental.

Em SAMI (2002), a gestão de activos é definida como um processo de gestão global, através do qual são tomadas consistentemente decisões, relativamente à utilização e cuidados a ter com os activos de uma organização.

Em EPA (2008), é a manutenção que garante um nível de serviço desejado pela organização ao menor custo do ciclo de vida dos seus equipamentos. A sua



implementação é efectuada através de um programa de gestão de activos conforme é resumido na ilustração apresentada na Figura 2.

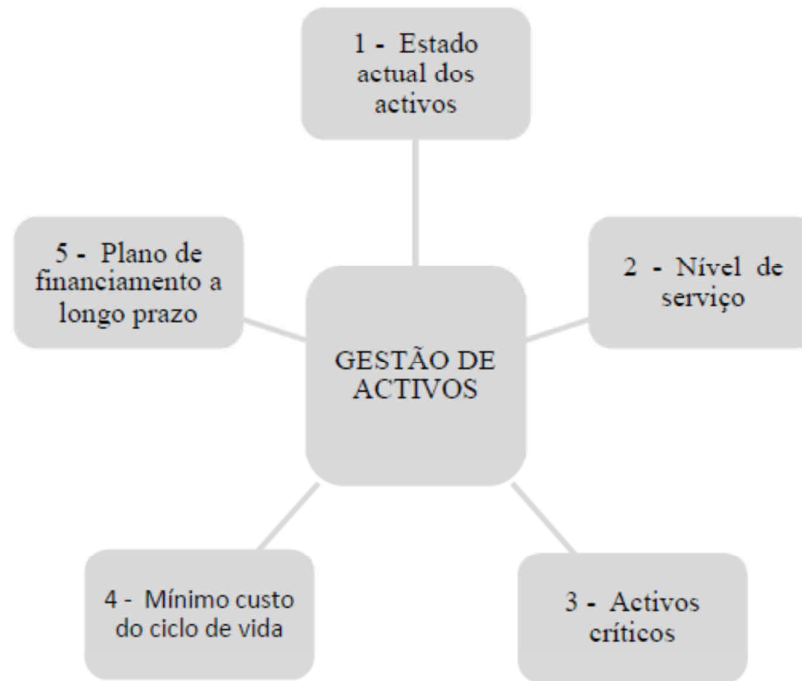


Figura 2 – As cinco principais questões gestão de activos. Fonte: *Office of Water da EPA. (2008).*

## 4.2 Engenharia da Manutenção

Em Pinto & Xavier (1999), a engenharia de manutenção corresponde a uma intenção de perseguir objectivos, aplicar técnicas modernas e estar ao nível da manutenção realizada nos países mais desenvolvidos do mundo. Tem como objectivo evitar reparações sistemáticas originadas pelas mesmas causas, corrigir situações permanentes de menor desempenho dos equipamentos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutibilidade, e interferir tecnicamente nas aquisições de equipamentos.

Em Dhillon (2006), existem muitos objectivos para a engenharia da manutenção. Alguns dos objectivos mais importantes são resumidos na ilustração apresentada na Figura 3.



Figura 3 – Importantes Objectivos da Engenharia de Manutenção. Fonte: Dhillon (2006).

#### 4.3 Os Custos da Manutenção

Em Pinto (1999), os custos da actividade de manutenção numa empresa são fundamentalmente de três tipos:

Custos directos: são os custos de funcionamento dos serviços de manutenção tais como: mão-de-obra, materiais e serviços, incluindo os custos de subcontratação se houver;

Custos indirectos: são os custos originados pelas perdas de produção imputáveis à manutenção tais como paragens por avaria ou para intervenções de manutenção;

Custos de posse de stocks: correspondem aos custos dos materiais com existência em armazém, sejam de consumo corrente, sejam peças ou equipamentos de reserva específicos.

Em Cabral (2006), os verdadeiros custos da manutenção exprimem o desempenho da manutenção. Estes custos são determinados pelos custos directos, tais como, meios humanos e materiais necessários, e pelos contabilizados devido às consequências da manutenção. Os custos contabilizados devido às consequências da manutenção podem apresentar impossibilidades de serem estimados, porque pressupõem uma resposta quantificada a uma pergunta do tipo “... o que aconteceria se...”.

Em Cabral (2006), os custos da manutenção são por analogia identificados com a imagem do iceberg, como resumido na ilustração apresentada na Figura 4.

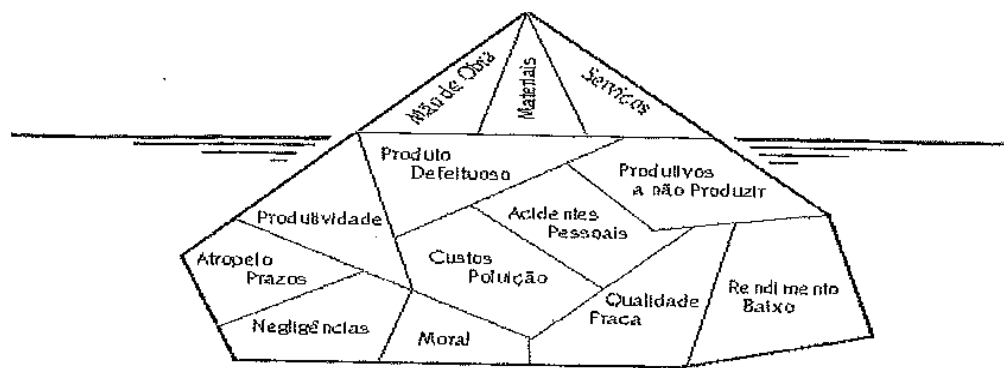


Figura 4 - Iceberg de custos. Fonte: Tajiri, Masaji e Fumio Gotoh (1991).

Como pode ser verificado na ilustração apresentada a ponta visível representa os custos contabilísticos e a parte imersa, maior, representa todos os outros custos não facilmente quantificáveis

#### 4.4 Qualidade na Manutenção

Como consequência das várias abordagens pelos autores investigados na história de arte, pode ser afirmado que a qualidade é um factor importante na manutenção de equipamentos. A boa ou má qualidade na gestão da manutenção aliada à qualidade das intervenções nos equipamentos influencia fortemente o desempenho de uma organização.

Em Souris (1992), é possível identificar com bastante precisão as acções da qualidade através da manutenção. A qualidade é composta de vários elementos que traduzem a aptidão em resolver os seguintes problemas:

Fiabilidade;

Experiência e competências;

Disponibilidade dos estudos, dos métodos, da manutenção, do fabrico e da qualidade.

O objectivo da qualidade na manutenção consiste em identificar as causas iniciais dos problemas reconhecidos e encontrar aqueles que ainda não foram revelados, avaliando a respectiva criticidade, isto é, tendo em conta a frequência do aparecimento das falhas e a sua gravidade.

Em Pinto (1999), uma boa ou má qualidade do serviço prestado pelos serviços de manutenção num determinado intervalo de tempo, está relacionada com o número e tempo de duração das avarias ocorridas e portanto, com a disponibilidade dos equipamentos para a produção

Em Pinto & Xavier (1999), o sistema de qualidade de uma organização é constituído por vários subsistemas que estão interligados através de relações extremamente fortes e interdependentes. Neste contexto, cabe à manutenção efectuar a coordenação dos diversos subsistemas fornecedores, onde estão incluídos a engenharia, a logística de materiais entre outros, de modo que o cliente interno principal que é o serviço de operações, tenha a instalação de acordo com as necessidades da organização para atingir os seus objectivos. A integração destes subsistemas actuando como verdadeiras equipas é, com certeza, o factor crítico de sucesso mais importante de uma empresa.

Em Cabral (2006), a manutenção é um factor indissociável da qualidade, cujo controlo é efectuado cada vez mais, a montante do produto final, isto é, ao nível do equipamento que produz esse produto. Não existe garantia de qualidade sem um bom apoio da manutenção e a certificação da qualidade na empresa, passa pela auditoria ao seu sistema da manutenção.

Em Farinha (2011), a manutenção está intrinsecamente entrosada com o sistema de qualidade da organização, enquanto parte integrante desta e pela relevância das evidências que as organizações precisam demonstrar, designadamente em meio industrial, da qualidade da sua manutenção, para continuar a merecer a acreditação e, por consequência, as encomendas dos seus clientes.

#### 4.5 O *Outsourcing* na Manutenção

De acordo com os autores investigados pode ser afirmado que a política do *outsourcing* na manutenção permite que actividades sejam executadas por empresas contratadas o que permite otimizar os recursos humanos internos e também uma diminuição de custos.

Em Pmelink (sem data), o *outsourcing* é definido como um processo através do qual uma organização designada por contratante, contrata outra designada por subcontratada, na perspectiva de manter um relacionamento mutuamente benéfico, de médio ou longo prazo, com vista ao desempenho de uma ou várias actividades, que a primeira não pode ou não convém desempenhar e que a segunda é tida como especialista,

Em Pinto (1999), uma estratégia de *outsourcing* tem como finalidade otimizar os custos de funcionamento e centrar o esforço financeiro e de gestão das estruturas próprias da empresa, nas áreas de valor acrescentado. No caso da manutenção de equipamentos, tal política permitirá melhorar globalmente os custos de manutenção, através da racionalização do diagrama de cargas do trabalho manutenção e, evitando a necessidade de manter internamente pessoal com elevada qualificação técnica, com uma utilização de natureza periódica ou irregular.

#### 4.6 Organização Interna da Manutenção

Em Souris (1992), podem ser destacadas nas organizações, três tipos de estruturas hierárquicas:

Uma manutenção integrada dirigida por um responsável dependendo directamente da direcção técnica ou direcção geral, correspondendo a uma organização por função;

Uma manutenção ligada a um responsável de produção com encarregados mistos, correspondendo a uma organização por unidade;

Uma combinação das duas onde a manutenção dos equipamentos de produção está colocada sob a responsabilidade da fabricação e a manutenção dos serviços e os trabalhos novos, sob a de um responsável de manutenção.

Em Pinto (1999), o serviço de manutenção para cumprir os seus objectivos numa empresa, terá de possuir uma organização interna que permita cumprir e realizar as suas finalidades. A estrutura e organização interna irão depender dos seguintes factores:

Dimensão da empresa;

Tipo de actividade da empresa;

Tecnologia das instalações e fábricas;

Tipo e quantidade dos equipamentos que estão afectos ao seu serviço;

Grau de dispersão geográfica da área das instalações à sua responsabilidade;

Outras actividades que eventualmente sejam da responsabilidade da estrutura de manutenção, como por exemplo, sistema de distribuição de energia eléctrica e fluidos.

Em Pinto (1999), a estrutura da manutenção será posicionada na estrutura geral da empresa, de acordo com o resumido nas ilustrações apresentadas nas Figuras 5, 6 e 7.

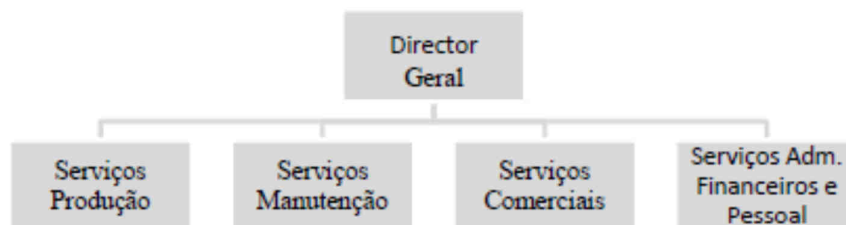


Figura 5 – A manutenção na estrutura de uma empresa de pequena dimensão. Fonte: Pinto (1999).

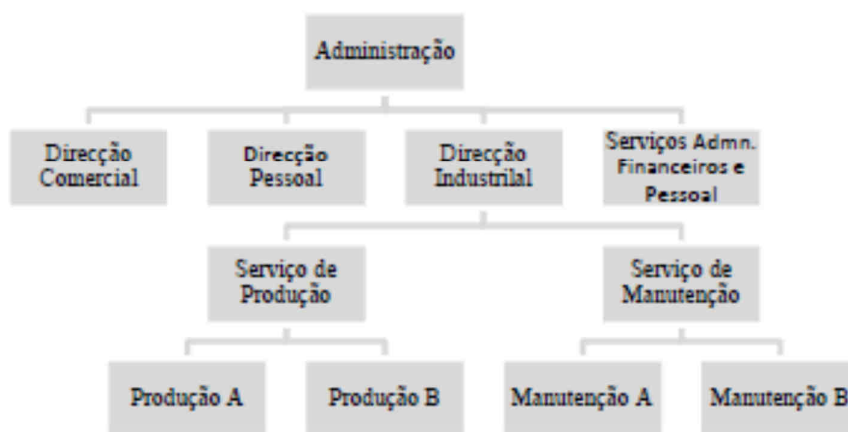


Figura 6 – A manutenção na estrutura de uma média empresa. Fonte: Pinto (1999).

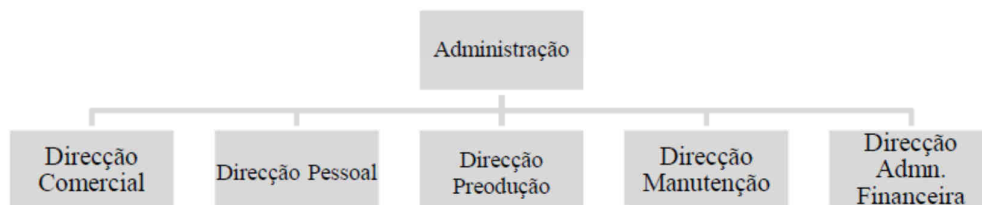


Figura 7 – A manutenção na estrutura de uma grande empresa. Fonte: Pinto (1999).

Em Westerkamp (1997), o bloco fundamental da estrutura de uma empresa de sucesso é uma organização cuidadosamente concebida. Nenhuma criatividade ou automatização



irá compensar uma organização inadequada, mas uma organização composta por qualidade e pessoas motivadas pode superar as falhas da organização.

#### 4.7 Algumas Terminologias Associadas a Indicadores Teóricos de Manutenção

Em os autores investigados pode ser afirmado que existem vários indicadores teóricos de manutenção que podem ser utilizados pelas organizações como uma ferramenta de apoio na tomada de decisões relacionadas com a actividade da manutenção, sendo a importância dos indicadores teóricos de manutenção numa organização determinada pela fiabilidade das informações recolhidas e a importância que os serviços de manutenção atribuem a essas informações. Nesta secção da dissertação são apresentadas definições de algumas das terminologias associadas ao cálculo de alguns dos indicadores teóricos de manutenção tais como: taxa de falhas de um equipamento, taxa de avarias, tempo médio entre avarias, manutibilidade e fiabilidade do equipamento.

Em Cabral (2006), um indicador teórico de manutenção serve na verdadeira acepção do termo, para fornecer uma informação sobre determinada característica ou acontecimento. Para aplicação nas situações práticas de gestão, deverá ser entendido que sem exprimirem toda a verdade sobre a realidade, dão informações muito úteis para saber, por exemplo: o ritmo a que ocorrem as avarias, os tempos de reparação, a disponibilidade dos equipamentos, o esforço da empresa na manutenção e o sucesso da política de manutenção preventiva.

Em Farinha (2011), os indicadores de manutenção são expressões quantitativas que apresentam informação gerada a partir de dados medidos e avaliados. Permitem

monitorizar e corrigir sempre que necessário o comportamento dos principais aspectos da manutenção. São uma ferramenta considerada indispensável à tomada de decisão em manutenção.

#### 4.7.1 Manutibilidade

Em Assis (1997), a manutibilidade representa tudo o que poderá influenciar a aptidão de um equipamento para receber manutenção, ou seja, a facilidade de acesso, as condições de segurança, a precisão e a economia, sendo um parâmetro do chamado *design* do equipamento.

Em Pinto & Xavier (1999), a manutibilidade é definida como a característica de um equipamento ou conjunto de equipamentos que permite, em maior ou menor grau de facilidade, a execução dos serviços de manutenção.

Em Pinto (1999), a manutibilidade é uma característica de construção dos equipamentos e componentes, que tem relação com o tempo necessário para a sua manutenção, e que é caracterizada pelo grau de facilidade de acesso a inspeções, substituição ou reparação de componentes, podendo portanto ser avaliada pelo tempo necessário para a sua manutenção, medido em duração, ou pelas “horas x homem” dispendidas, ou ainda pelo custo das intervenções.

Na NP EN 13306 (2007) a manutibilidade é definida como a aptidão de um equipamento, sob condições de utilização definidas, para ser mantido ou restaurado, de tal modo que possa cumprir uma função requerida, quando a manutenção é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos.

#### 4.7.2 Fiabilidade ou Confiabilidade

Como consequência das várias abordagens pelos autores investigados na história da arte, pode ser afirmado que a fiabilidade é a probabilidade de um equipamento desempenhar em condição satisfatória a função requerida numa organização.

Em Assis (1997), a fiabilidade é a probabilidade de um equipamento funcionar satisfatoriamente, cumprir a função requerida durante um certo intervalo de tempo sob condições especificadas.

Em Pinto (1999), a fiabilidade pode ser definida como a probabilidade de um sistema equipamento ou componente assegurar o funcionamento durante um tempo determinado, sob as condições de serviço para as quais foi especificado.

Em Pinto & Xavier (1999), a fiabilidade é definida como sendo a probabilidade de um equipamento desempenhar a função por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições definidas de uso.

Na NP EN 13306 (2007) a fiabilidade é definida como sendo uma aptidão de um equipamento para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo.

Em Farinha (2011), a fiabilidade é definida como a probabilidade de um dispositivo ou componente de um sistema funcionar dentro dos parâmetros de qualidade definidos durante um determinado período de tempo, sob as condições de funcionamento pré-estabelecidas.

#### 4.7.3 Falha

Em Assis (1997), falha é definida como sendo a cessação de funcionamento ou mais frequentemente, degradação de um parâmetro de funcionamento até um nível considerado insatisfatório.

Em Pinto & Xavier (1999), falha é definida como sendo a cessação da função requerida de um equipamento ou incapacidade de satisfazer um padrão de desempenho definido previamente.

Em Moubray (1999), falha é definida como sendo a inabilidade de um equipamento desempenhar as funções que os utilizadores querem que faça.

Na NP EN 13306 (2007) falha é definida como o estado de um equipamento inapto para cumprir uma função requerida, excluindo a inaptidão devida à manutenção preventiva ou outras acções programadas, ou devida à falha de recursos externos.

#### 4.7.4 Avaria

Em Cabral (2006), avaria é definida como a cessação da aptidão de um equipamento para cumprir uma função requerida, sendo de assinalar que o termo “avaría” exprime um “acontecimento” que conduz a um “estado” o “estado avariado” definido como o estado de um equipamento inapto para cumprir uma função requerida, excluindo a inaptidão devida à realização de manutenção preventiva ou outras acções programadas, ou devido à falta de recursos externos.

Na NP EN (2007), avaria é definida como uma cessação da aptidão de um equipamento para cumprir uma função requerida, salientando que depois da avaria o equipamento poderá estar em falha, total ou parcial. Considera ainda que avaria é um acontecimento, “em falha” ou “avariado” é um estado.

#### 4.8 Ciclo de Vida de um Equipamento

Em Assis (1997), o ciclo de vida de um equipamento é constituído pelas fases de concepção, construção ou fabricação, de exploração e, finalmente, de desactivação ou eliminação. Esta última fase poderá incluir a chamada reciclagem, que procura a reutilização dos materiais incorporados. A cada uma das fases irá corresponder um custo. Ao conjunto destes custos que existem ao longo da vida do equipamento, é designado por custo do ciclo de vida do equipamento.

Na NP EN 13306 (2007), o ciclo de vida é definido como um intervalo de tempo que tem início com a concepção do equipamento e termina com a eliminação do equipamento, sendo o custo do ciclo de vida do equipamento, um somatório de todos os custos gerados durante o ciclo de vida do equipamento, podendo incluir os custos relativos à aquisição, operação, manutenção e eliminação do equipamento.

#### 4.9 Conservação Versus Manutenção

Em Souris (1992), a conservação é definida como um conjunto de acções físicas aplicadas aos meios de produção para assegurar a disponibilidade dos equipamentos de acordo com os critérios definidos na política da manutenção da organização. Por outras palavras, a manutenção está resumida à optimização dos parâmetros da conservação. Se

a conservação de ontem não era considerada produtiva, a manutenção actual no seio das organizações tem um carácter produtivo.

Em Souris (1992), a manutenção introduz pela sua relação com os objectivos de produção uma noção de condição, o bom estado é relativo e não absoluto. Podemos praticar uma subconservação ou uma sobreconservação. Num caso, a acção irá conduzir a uma degradação prematura dos equipamentos e no outro, o excesso de intervenções inúteis irá conduzir a um desperdício financeiro para a empresa. A manutenção possui um carácter antecipador e necessita de acções de reflexão. A sua finalidade é integrar os objectivos da empresa a fim de otimizar as acções de conservação. Manutenção subentende conservação mas o inverso nem sempre é verificado.

Em Cabral (2006), o termo conservação é utilizado para exprimir o conjunto de acções destinadas a manter os bens armazenados em condições de operacionalidade. Deve ser utilizado em relação à manutenção dirigida ao material em armazém, seja ele um equipamento ou sobressalente, sendo de utilizar mais genericamente o termo manutenção para o parque de equipamentos a cumprir uma função requerida.

#### 4.10 Perspectivas Sobre o Futuro da Manutenção

Em Pinto (1999), o desenvolvimento das técnicas e modelos de gestão que a globalização dos mercados e da concorrência tendem a estimular, apoiados por poderosos sistemas de informação e orientados para a flexibilização de estruturas e criação de uma forte cultura empresarial centrada na satisfação dos clientes por via da qualidade, conduzirão a alterações significativas na pirâmide de decisão e no funcionamento das empresas, com incidências na redução dos níveis de decisão e no

desenvolvimento do trabalho de grupo constituído por grupos autónomos de equipas multifuncionais e polivalentes, em detrimento do trabalho individual.

Em Farinha (2011), as perspectivas sobre os desenvolvimentos futuros dentro do âmbito da abordagem da manutenção são a seguir apresentados:

Gestão integrada de activos, tendo em consideração a vertente da sustentabilidade ambiental, incluindo as normas de gestão da qualidade, ambiente, segurança, manutenção e energia;

Modelação colaborativa para implementação e manutenção de modelos 3D virtuais de instalações e equipamentos, por exemplo: em sistemas de planeamento da manutenção, no diagnóstico de avarias, no *e-learning*;

Manutenção condicionada de instalações e equipamentos baseada na leitura *online* remota de dados com transmissão através de dispositivos IP e redes GSM e satélite;

Manutenção remota de equipamentos através da utilização de robots com controlo à distância e realidade virtual;

Manutenção condicionada suportada por sistemas inteligentes de auto aprendizagem e com capacidade de autodiagnóstico e resolução de avarias.

## **5 Manutenção de Postos de Transformação Aéreos**

Neste capítulo foi seguido o documento recomendações e orientações para a manutenção de postos de transformação de clientes DRE-C13-100R (2003), disponibilizado pela EDP-Distribuição S.A. e que é uma referência para o assunto, visto que esta empresa detém o maior número de postos de transformação incluindo os aéreos, existentes em Portugal.

### **5.1 Tipos de Postos de Transformação Aéreos**

Na DRE-C13-811/N da EDP Distribuição S.A. (2005), os postos de transformação aéreos existentes em Portugal são classificados em três tipos: A, AS e AI.

Em D.G.E. (2003), os postos de transformação aéreos dos tipos A e AS são constituídos por um transformador de 25, 50 ou 100 kVA instalado num poste de betão armado, ligado directamente à linha de média tensão no caso dos postos de transformação do tipo A ou através de seccionador no caso dos postos de transformação do tipo AS. O quadro de baixa tensão é instalado a uma altura conveniente para ser manobrado do solo. A tensão primária é de 6, 10, 15 ou 30 kVA.

Em D.G.E. (1984), o posto de transformação aéreo do tipo AI é constituído por um transformador de 160 ou 250 kVA e um interruptor-seccionador entre a linha de média tensão e o transformador. A tensão primária é de 6, 10, 15 ou 30 kVA e o quadro de baixa tensão é instalado a uma altura conveniente para ser manobrado do solo. Existem



postos de transformação aéreos do tipo AI-1, com um só poste de betão e AI-2 com dois postes de betão armado geminados na base e colocados verticalmente.

Com base na experiência profissional acumulada ao longo dos anos e em contactos informais com técnicos da EDP – Distribuição S.A. interessados em assuntos relacionados com equipamentos de média tensão pode ser afirmado que os postos de transformação aéreos do tipo A não são instalados actualmente e os existentes quando alvo de remodelação total ou parcial são na sua maioria transformados ou substituídos por postos de transformação aéreos do tipo AS ou AI.

As razões do desaparecimento gradual dos postos de transformação aéreos do tipo A podem estar relacionadas com questões relacionadas com a exploração destes equipamentos. Por exemplo, no caso de ocorrer uma avaria nos descarregadores de sobretensões de média tensão, ou nos cabos entre o transformador e o QGBT ou mesmo neste último equipamento, será sempre necessária a intervenção de uma equipa da entidade distribuidora de energia para o isolamento da instalação através da colocação das linhas de média tensão sem tensão. Este trabalho é normalmente executado por equipas vocacionadas para trabalhos em tensão o que implica custos para o proprietário do posto de transformação aéreo sendo o planeamento e execução das manutenções resultantes das ocorrências acima descritas realizadas em função da disponibilidade dos serviços da entidade distribuidora de energia o que pode causar prejuízos óbvios para o proprietário do posto de transformação aéreo. No caso dos postos de transformação aéreos dos tipos AS e AI na presença de uma ocorrência semelhante à descrita anteriormente será necessário somente a abertura do seccionador ou interruptor seccionador pelo proprietário para poder dar execução aos trabalhos em segurança.

Para além do referido no parágrafo anterior pode ser afirmado que o custo de um seccionador ou interruptor-seccionador não representa um valor muito significativo no custo total de aquisição e montagem de um posto de transformação aéreo pelo que pode ser vantajoso a instalação de um posto de transformação aéreo do tipo AS ou AI em novas instalações. No caso de instalações existentes as vantagens da instalação de um seccionador ou interruptor-seccionador, podem representar melhorias para o proprietário do posto de transformação aéreo a nível de manutenção e exploração conforme descrito no parágrafo anterior. Pelas razões expostas esta secção da dissertação aborda unicamente assuntos relacionados com os postos de transformação aéreos dos tipos AS e AI.



Figura 8 -Vista geral de um PTA do tipo AI-1



Figura 9 -Vista geral de um PTA do tipo AS.

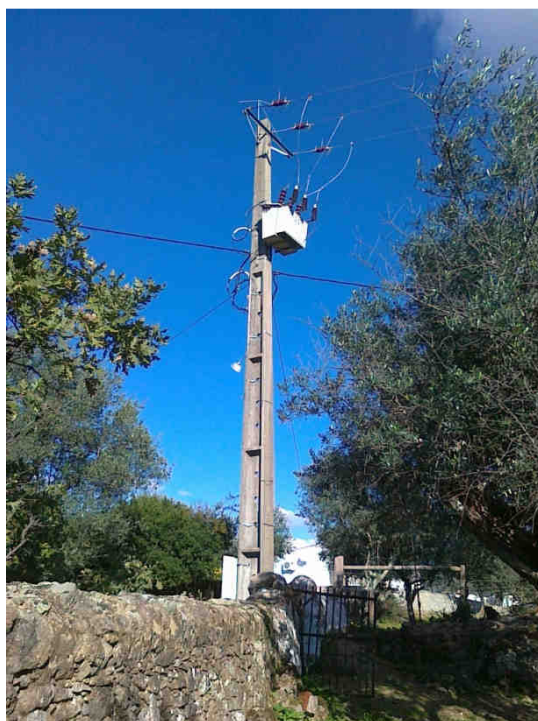


Figura 10 - Vista geral de um PTA do tipo A.

## 5.2 Componentes dos Postos de Transformação Aéreos

Os principais componentes dos postos de transformação aéreos, salvaguardando as diferenças existentes entre os tipos AS e AI, são a seguir apresentados:

Poste de betão armado: onde são fixados os restantes componentes do posto de transformação aéreo;

Travessa, tirante de amarração e alongadores de cadeia: dispositivos que permitem a fixação das linhas de média tensão ao poste de betão;

Seccionador (tipo AS): dispositivo que tem como função interromper ou estabelecer a continuidade de um condutor ou isolar um condutor de outros condutores e que, por não ter poder de corte garantido, não deve ser manobrado em carga. Pode estar em duas posições, uma de abertura e outra de fecho, nas quais se mantêm sem a interferência de acções exteriores;

Interruptor-seccionador (tipo AI): dispositivo que tem como função ligar ou desligar um circuito em carga, dotado de poder de corte e tendo duas posições, uma de abertura e outra de fecho, nas quais se mantêm sem a interferência de acções exteriores;

Barramentos de média tensão: dispositivos que tem como função o transporte da tensão do seccionador ou interruptor-seccionador até ao primário do transformador;

Transformador: dispositivo que tem como função transformar a média tensão em baixa tensão utilizável pelo consumidor final doméstico, comercial ou industrial;

Descarregadores de sobretensões de média tensão (DST): dispositivo que têm como função proteger o transformador contra sobretensões com origem na média tensão;

Quadro geral de baixa tensão (QGBT): dispositivo que tem como função receber a alimentação energética do secundário do transformador e distribuir para as instalações de utilização a jusante. O quadro geral de baixa tensão é instalado a uma altura conveniente para ser manobrado;

Rede de terras: sistema de protecção para pessoas e equipamentos;

Canalizações de energia de baixa tensão: efectuam a interligação entre o secundário do transformador e o quadro geral de baixa tensão.

### 5.3 Técnico Responsável pela Exploração das Instalações Eléctricas

Segundo o art.º 19 do decreto-lei n.º 517/80 de 31 de Outubro, todas as instalações de utilização de serviço particular, alimentadas em média tensão, carecem de um técnico responsável pela exploração das instalações eléctricas (TREIE).

Segundo o art.º 20 do decreto-lei n.º 517/80 de 31 de Outubro, é da responsabilidade do TREIE inspeccionar as instalações eléctricas com a frequência exigida pelas características de exploração, no mínimo duas vezes por ano, a fim de proceder às verificações, ensaios, medições regulamentares e elaborar o respectivo relatório, devendo estas inspecções obrigatórias ser feitas, uma, durante os meses de verão e outra durante os meses de inverno. O relatório deve ser enviado anualmente aos respectivos serviços externos da DGEG – Direcção Geral de Energia e Geologia do Ministério da Economia.

## 5.4 Acções de Manutenção em Postos de Transformação Aéreos

Segundo o regulamento de subestações e postos de transformação (1960), a limpeza das instalações deve ser efectuada com a frequência necessária para impedir a acumulação de poeiras e sujidades, especialmente sobre os equipamentos. Quaisquer trabalhos de manutenção só podem ser executados por técnicos habilitados e com experiência em trabalhos de natureza idêntica ou por técnicos sob a sua direcção. Devem ser evitados executar trabalhos de manutenção sob tensão, procurando sempre que possível, desligar previamente os condutores de todas as polaridades ou fases.

### 5.4.1 Acções no Âmbito da Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva de postos de transformação aéreos contempla a realização de dois tipos de acções a seguir apresentadas:

#### Acções de inspecção

Observação visual do estado da instalação;

Termografia sobre todas as ligações eléctricas existentes;

Medição das resistências dos eléctrodos de terra pertencentes às terras de serviço e protecção;

Verificação dos sistemas de protecção;

#### Acções de manutenção

Observação visual do estado da instalação;

Termografia de todas as ligações eléctricas existentes;

Medição das resistências dos eléctrodos de terra pertencentes às terras de serviço e protecção;

Revisão, afinação, lubrificação e ensaio de funcionamento dos dispositivos de manobra;

Verificação e ensaios dos sistemas de protecção.



Figura 11 - Confirmação de ausência de tensão nas linhas antes do início dos trabalhos.

#### 5.4.1.1 Acções de Inspeção

A descrição mais pormenorizada das acções de inspecção a postos de transformação aéreos é a seguir apresentada:

Observação visual do estado das instalações e equipamentos eléctricos, identificação e registo em ficha própria das anomalias detectadas e do grau de prioridade que deverá ser considerado para correcção;

Termografia de todas as ligações com recurso a equipamento especial de medida de temperatura sem contacto, para detecção de eventuais pontos quentes;

Medição da resistência de terra do PTA;

Verificação dos sistemas de protecção.

#### 5.4.1.2 Acções de Manutenção

A descrição mais pormenorizada das acções de manutenção de postos de transformação aéreos no âmbito da manutenção preventiva é resumidamente apresentada neste capítulo, sendo que, com excepção da termografia, as restantes devem ser executadas com recurso ao isolamento da instalação com a colocação das linhas sem tensão e ligadas à terra mediante solicitação prévia aos serviços da entidade distribuidora de energia. As acções a serem desenvolvidas são as seguintes:

Termovisão de todas as ligações eléctricas;

Limpeza geral do posto de transformação aéreo;

Limpeza geral do barramento de média tensão e respectivos elementos de suporte e isolamento;

Limpeza de todos os órgãos de corte e ou protecção;

Limpeza do transformador de distribuição;

Limpeza do QGBT;

Manutenção geral, afinações, lubrificações dos órgãos de corte e respectivos comandos;

Verificação de ligações e apertos;

Verificação e lubrificação de dobradiças, fechaduras e fechos das portas de acesso à instalação;

Verificação do bom estado de funcionamento da iluminação do PTA, com substituição do material avariado ou danificado;

Medição das resistências de terra do PTA;

Verificação e ensaios dos sistemas de protecção.



#### 5.4.1.3 Periodicidade das Acções de Manutenção Preventiva

É da responsabilidade do TREIE, o estabelecimento da frequência com que devem ser executadas as acções de manutenção nos postos de transformação aéreos, podendo ser consideradas como referencial as periodicidades abaixo indicadas:

Acções	Periodicidade
Inspecção	Pelo menos 2 vezes por ano segundo disposição regulamentar
Manutenção	Pelo menos 1 vez por ano, podendo coincidir com uma acção de Inspecção

Quadro 1 – Periodicidade das Acções de Manutenção Preventiva. Fonte: GMPT (2003).

#### 5.4.2 Acções de Manutenção Condicionada

Consiste na resolução das anomalias detectadas no âmbito das acções de manutenção preventiva.

Essas anomalias deverão ser resolvidas em função da sua gravidade e de acordo com uma periodicidade (1 = 2 = 3), que deve ser estabelecida com base nos seguintes critérios:

1. Anomalias graves com forte probabilidade de originar no curto prazo uma avaria com interrupção de corrente;
2. Anomalias de média gravidade que não evoluam no curto prazo para uma situação de risco de avaria;

3. Anomalias menos graves que não ponham em risco a segurança das instalações e pessoas.

Por exemplo, os prazos máximos de resolução dessas anomalias em função das prioridades indicadas podem ser os seguintes:

Prioridades	1	2	3
Prazos de resolução (dias)	Imediata	$\leq 30$	$\leq 60$

Quadro 2 – Prazos para a resolução de avarias. Fonte: GMPT (2003).

#### 5.4.3 Verificação das Resistências de Terra

Segundo o art.º 32 do RSSPT, os exploradores de postos de transformação aéreos devem verificar uma vez por ano, durante os meses de Junho, Julho, Agosto ou Setembro, as resistências de terra de todos os eléctrodos de terra. Os resultados obtidos devem ser anotados num registo especial que possa ser consultado em qualquer ocasião pela fiscalização do Governo.

#### 5.5 Avaliação do Risco na Manutenção de Postos de Transformação Aéreos

Em Nunes (2006), a gestão do risco surge como instrumento de redução e administração dos riscos presentes no meio industrial, oferecendo filosofias e suporte técnico que visam otimizar o uso da tecnologia, a qual sofre um avanço acelerado e, não raramente, inconsistente com os padrões mínimos de segurança que devem estar presentes dentro das actividades industriais. O processo de gestão do risco é constituído

essencialmente por três fases: análise de riscos, avaliação dos riscos e controlo dos riscos como é resumido na ilustração apresentada na Figura 13.

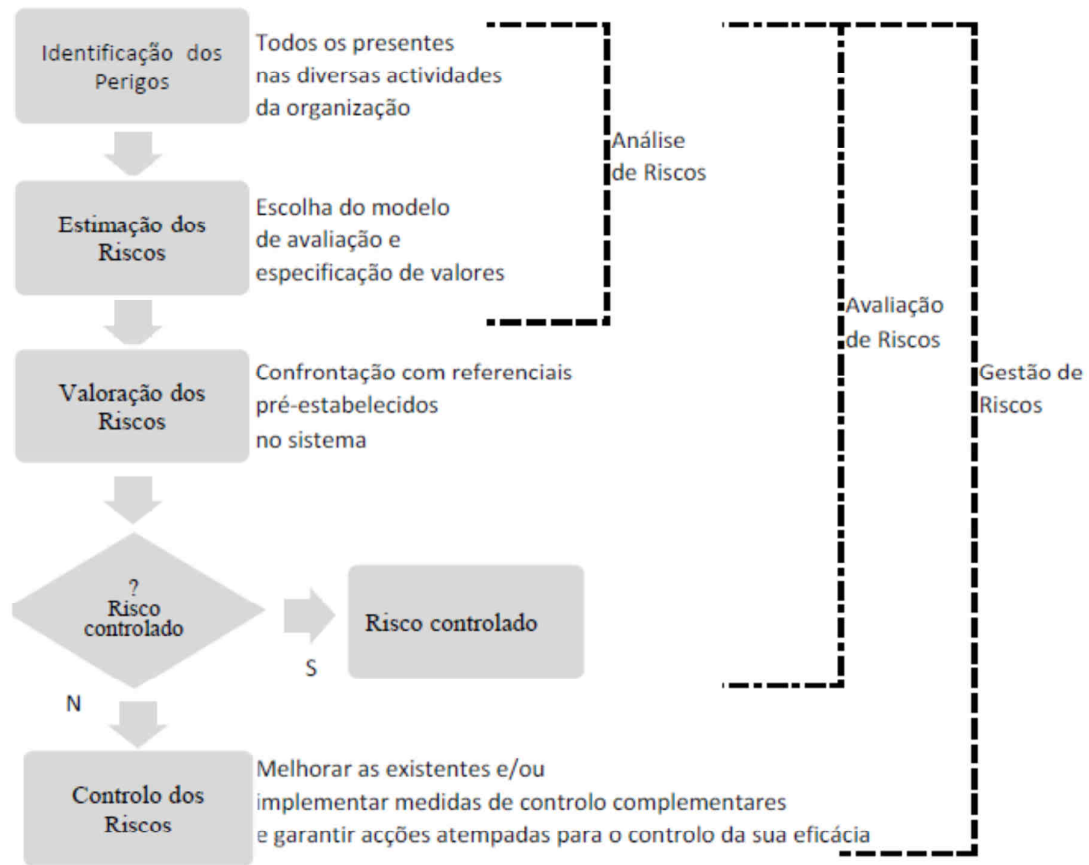


Figura 12 - Processo de Gestão do Risco. Fonte: Nunes (2006).

Em Miguel (2005), são apresentados modelos de análise do risco que de forma simplificada permitem obter três ou mais níveis do risco através da caracterização da frequência relativa, probabilidade e da gravidade associada geralmente a forma do acidente. Para a elaboração da matriz de riscos associada à manutenção de postos de transformação aéreos foi escolhida a matriz simples de análise do risco de Somerville, em virtude de ser um método de fácil aplicação.

### 5.5.1 Riscos e Perigos

Na NP 4397 (2008), perigo é definido como fonte, situação ou acto com potencial para o dano, em termos de lesão ou afecção da saúde ou uma combinação destes. Afecção da saúde é definida como condição física ou mental adversa, identificável como decorrente de e/ou agravada por actividades do trabalho e/ou por situações relacionadas com o trabalho.

Na NP 4397 (2008), risco é definido como uma combinação da probabilidade de ocorrência de um acontecimento ou de exposição perigosa e da gravidade de lesões ou afecções da saúde que sejam causadas pelo acontecimento ou pela exposição.

Em Lei n.º 102 (2009), perigo é definido como a propriedade intrínseca de uma instalação, actividade, equipamento, um agente ou outro componente material do trabalho com potencial para provocar dano.

Em Lei n.º 102 (2009), risco é definido como a probabilidade de concretização do dano em função das condições de utilização, exposição ou interacção do componente material do trabalho que apresente perigo.

Em OIT (2011), um perigo é definido como a propriedade intrínseca ou potencial de um produto, de um processo ou de uma situação nociva, que provoca efeitos adversos na saúde ou causa danos materiais. Pode ter origem em produtos químicos, propriedades intrínsecas, numa situação de trabalho com utilização de escada, em electricidade, num cilindro de gás comprimido, energia potencial, numa fonte de incêndio ou, mais

simplesmente, num chão escorregadio. Risco é definido como a possibilidade ou a probabilidade de que uma pessoa fique ferida ou sofra efeitos adversos na sua saúde quando exposta a um perigo, ou que os bens sejam danificados ou desapareçam. A relação entre perigo e risco é a exposição, seja imediata ou a longo prazo e é ilustrada por uma equação simples:

$$\text{Perigo} \times \text{Exposição} = \text{Risco}$$

Em Business Dictionary (2013), o risco é definido como a probabilidade ou ameaça de dano, o prejuízo, responsabilidade, perda, ou qualquer outra ocorrência negativa que é causada por vulnerabilidades externas ou internas e isso pode ser evitado através de uma acção preventiva.

Em AESST (2013), um risco é definido como sendo a possibilidade, elevada ou reduzida, de alguém sofrer danos provocados pelo perigo. Um perigo pode ser algo potencialmente causador de danos em materiais, equipamentos, métodos ou práticas de trabalho.

#### 5.5.2 Matriz Simples de Somerville

Em Miguel (2005), a matriz simples de Somerville apresenta três níveis de probabilidade e de gravidade e, igualmente, três níveis de risco ou de prioridade de intervenção, baixo, médio e alto. Os níveis de gravidade do risco são de acordo como é resumido na ilustração apresentada no Quadro 3.

Níveis de Gravidade (G)	
A	Baixo
B	Médio
C	Alto

Quadro 3 – Escalas de probabilidade (P) na matriz de Somerville. Fonte: Miguel (2005).

Os níveis de probabilidade do risco segundo a matriz de Somerville são de acordo como é resumido na ilustração apresentada no Quadro 5.

Níveis de Probabilidade (P)	
A	Baixo
B	Médio
C	Alto

Quadro 4 – Escalas de gravidade (G) na matriz de Somerville. Fonte: Miguel (2005).

O nível do risco é obtido através do produto “gravidade x probabilidade” de acordo como é resumido na ilustração apresentada no Quadro 6.

R= f (G x P)		Probabilidade (P)		
		A	B	C
Gravidade (G)	A	1	1	2
	B	1	2	3
	C	2	3	3

Quadro 5 – Escalas para o nível do risco na matriz de Somerville. Fonte: Miguel (2005).

A prioridade de intervenção é definida de acordo com o nível de risco obtido, através do produto da gravidade e da probabilidade, de acordo como é resumido na ilustração apresentada no Quadro 7.

Índice de Risco	
1	Baixo
2	Médio
3	Alto

Quadro 6 – Escalas para o índice do risco na matriz de Somerville. Fonte: Miguel (2005).

### 5.5.3 Matriz de Riscos em Postos de Transformação Aéreos

De acordo com a experiência profissional acumulada ao longo dos anos na manutenção de postos de transformação aéreos pode ser afirmado que para as acções de manutenção descritas nesta dissertação pode ser considerado como suficiente a execução dos trabalhos por uma equipa de dois técnicos dos quais um executa as intervenções nos componentes em altura e o segundo fornece o apoio necessário no solo.

A matriz de riscos apresentada nesta secção da dissertação considera que as acções de manutenção são desenvolvidas pelos técnicos sem a utilização de meios de elevação motorizados, por ser a mais económica em termos de meios materiais e humanos a afectar à realização dos trabalhos de manutenção, visto que, não implica o aluguer de viaturas específicas para estes trabalhos e disponibilidade de condutor habilitado na manobra destas viaturas, diminuindo assim custos acrescidos com pessoal e combustíveis. A matriz simples de riscos de Somerville apresentada nesta secção da dissertação considera que as acções de manutenção preventiva e condicionada são

realizadas com o posto de transformação aéreo e as respectivas linhas de alimentação em média tensão estão sem tensão, mediante solicitação prévia a ser efectuada pelo proprietário do posto de transformação aéreo aos serviços da entidade distribuidora de energia eléctrica. Também é considerado na matriz simples de riscos de Somerville apresentada nesta secção da dissertação que os técnicos afectos às actividades de manutenção preventiva e condicionada possuem experiência nestas funções.

Associados aos trabalhos de manutenção de postos de transformação aéreos existem perigos e riscos, alguns comuns aos restantes equipamentos de média tensão e outros específicos relacionados com os identificados em trabalhos em altura e em trabalhos realizados no exterior. A escolha do método da matriz simples de Somerville tem a ver com o facto de ser de fácil aplicação e de fácil interpretação. Na investigação efectuada às comunicações de autores pode ser afirmado que existem diversas matrizes simples que podem ser adoptadas à semelhança da apresentada nesta secção.

A identificação dos perigos foi efectuada com base não só na experiência profissional acumulada ao longo de vários anos no acompanhamento de trabalhos de manutenção em postos de transformação aéreos e em contactos informais com técnicos habituados nesses trabalhos., mas também na investigação realizada em literatura técnica e científica que aborde uma análise útil a estes trabalhos.

O método da matriz simples de Somerville aplicado na análise de riscos associados à manutenção de postos de transformação aéreos permite obter a matriz que é resumida na ilustração apresentada no Quadro 7.



Manutenção Preventiva e Condicionada em Postos de Transformação Aéreos

Matriz de Riscos

Equipamento	Tarefa	Perigo	Risco	Consequência	Avaliação do Risco						Medidas de Controlo (Prevenção e Protecção)
					Cálculo do Risco			Indicie do risco			
					Probabilidade	Gravidade	Magnitude do Risco	Baixo	Médio	Elevado	
Posto de transformação	Consignação/ desconsignação do posto de transformação	Contacto directo	Electrização ou electrocussão	Choque eléctrico, tetanização, fibrilação ou electrocussão	A	C	2		X		Criar e cumprir procedimentos de consignação e desconsignação. Respeitar todas as instruções de segurança
		Contacto indirecto	Electrização ou electrocussão	Choque eléctrico, tetanização, fibrilação ou electrocussão	A	C	2		X		
		Disrupção eléctrica no transformador e ignição do óleo isolante	Incêndio ou explosão	Queimaduras, morte	A	C	2		X		Extintor e mala dos primeiros socorros disponíveis no local ou viaturas dos técnicos equipadas com estes equipamentos
		Curto-circuito no transformador ou cabos	Incêndio ou explosão	Queimaduras, morte	A	C	2		X		
		Trabalhos em altura	Queda de pessoas em altura	Fractura, lesões múltiplas	A	C	2		X		Utilizar adequadamente EPI anti-queda e cumprir regras de segurança para trabalhos em altura
		Esforço excessivo	Realização de sobreesforços	Lesões músculo-esqueléticas	B	C	3			X	Promover a alternância dos técnicos na realização dos trabalhos, adoptar posturas correctas e realizar exames médicos periódicos aos técnicos envolvidos nos trabalhos
		Postura inadequada	Trabalho em posição incómoda	Perturbações músculo-esqueléticas	B	C	3			X	Promover a alternância dos técnicos na realização dos trabalhos, adoptar posturas correctas e realizar exames médicos periódicos aos técnicos envolvidos nos trabalhos.
		Obstáculos imóveis – componentes do posto de transformação	Choque contra objectos imóveis	Lesões superficiais, contusão	B	A	1	X			Verificar o estado e característica dos equipamentos antes do início dos trabalhos e utilização de EPI adequados
		Objectos, materiais ou ferramentas contundentes/cortantes/perfurantes	Golpe/corte/perfuração/cisalhamento/abrasão (seleccionar)	Lesões por corte, laceração (ferida aberta), amputação	B	B	2		X		Utilizar EPI adequados tais como: luvas de protecção e ferramentas apropriadas à operação e de modo adequado
		Objectos soltos e não arrumados	Queda de pessoas ao mesmo nível	Contusão, entorse, lesões superficiais	A	A	1	X			Promover a organização e arrumação da área de trabalho
		Piso escorregadio, ou com depressões/saliências/pavimento degradado	Queda de pessoas ao mesmo nível	Contusão, entorse	A	A	1	X			Realizar trabalhos preferencialmente em tempo seco e nivelar o terreno adjacente ao posto de transformação aéreo
		Superfície ou substâncias muito quentes ou frias	Contacto térmico	Queimaduras	A	B	1	X			Utilizar EPI adequados tais como: luvas de protecção e ferramentas apropriadas à operação e de modo adequado
		Condições atmosféricas adversas	Exposição a temperaturas ambientais extremas	Síndrome gripal ou insolação	A	A	1	X			Realizar trabalhos em tempo seco e sob temperaturas moderadas
			Agente químico nocivo, tóxico, corrosivo ou alérgico	Inalação de poeiras, gases, vapores de substâncias nocivas	Pneumoconioses, intoxicações, asfixia	B	B	2		X	
Posto de transformação	Consignação/ desconsignação do posto de transformação	Agente químico nocivo, tóxico, corrosivo ou alérgico	Contacto cutâneo com agentes químicos	Queimadura química, dermatites, irritação cutânea	B	B	2		X		Utilizar EPI adequados tais como: luvas de borracha de nitrilo ou neoprene, óculos ou máscaras de segurança com filtro adequado ao produto a aplicar, evitar derrames e manter as embalagens afastadas do corpo

Manutenção Preventiva e Condicionada em Postos de Transformação Aéreos

Matriz de Riscos

Equipamento	Tarefa	Perigo	Risco	Consequência	Avaliação do Risco						Medidas de Controlo (Prevenção e Protecção)
					Cálculo do Risco			Indicie do risco			
					Probabilidade	Gravidade	Magnitude do Risco	Baixo	Médio	Elevado	
Posto de transformação	Manutenção preventiva e condicionada	Trabalhos em altura	Queda de pessoas em altura	Fractura, lesões múltiplas	A	C	2	X			Utilizar adequadamente EPI anti-queda e cumprir regras de segurança para trabalhos em altura
		Esforço excessivo	Realização de sobreesforços	Lesões músculo-esqueléticas	B	C	3			X	Promover a alternância dos técnicos na realização dos trabalhos, adoptar posturas correctas e realizar exames médicos periódicos aos técnicos envolvidos nos trabalhos
		Postura inadequada	Trabalho em posição incómoda	Perturbações músculo-esqueléticas	B	C	3			X	Promover a alternância dos técnicos na realização dos trabalhos, adoptar posturas correctas e realizar exames médicos periódicos aos técnicos envolvidos nos trabalhos
		Obstáculos imóveis – componentes do posto de transformação	Choque contra objectos imóveis	Lesões superficiais, contusão	B	A	1	X			Verificar o estado e característica dos equipamentos antes do início dos trabalhos e utilização de EPI adequados
		Objectos, materiais ou ferramentas contundentes/cortantes/perfurantes	Golpe/corte/perfuração/cisalhamento/abrasão (seleccionar)	Lesões por corte, laceração (ferida aberta), amputação	B	B	2		X		Utilizar EPI adequados tais como: luvas de protecção e ferramentas apropriadas à operação e de modo adequado
		Objectos soltos e não arrumados	Queda de pessoas ao mesmo nível	Contusão, entorse, lesões superficiais	A	A	1	X			Promover a organização e arrumação da área de trabalho
		Piso escorregadio, ou com depressões/saliências/pavimento degradado	Queda de pessoas ao mesmo nível	Contusão, entorse	A	A	1	X			Realizar trabalhos preferencialmente em tempo seco e nivelar o terreno adjacente ao posto de transformação aéreo
		Superfície ou substâncias muito quentes ou frias	Contacto térmico	Queimaduras	A	B	1	X			Utilizar EPI adequados tais como: luvas de protecção e ferramentas apropriadas à operação e de modo adequado
		Condições atmosféricas adversas	Exposição a temperaturas ambientais extremas	Síndrome gripal ou insolação	A	A	1	X			Realizar trabalhos em tempo seco e sob temperaturas moderadas
		Agente químico nocivo, tóxico, corrosivo ou alergénio	Inalação de poeiras, gases, vapores de substâncias nocivas	Pneumoconioses, intoxicações, asfixia	B	B	2		X		Utilizar EPI adequados tais como: luvas de borracha de nitrilo ou neoprene, óculos ou máscaras de segurança com filtro adequado ao produto a aplicar, evitar derrames e manter as embalagens afastadas do corpo
		Agente químico nocivo, tóxico, corrosivo ou alergénio	Contacto cutâneo com agentes químicos	Queimadura química, dermatites, irritação cutânea	B	B	2		X		Utilizar EPI adequados tais como: luvas de borracha de nitrilo ou neoprene, óculos ou máscaras de segurança com filtro adequado ao produto a aplicar, evitar derrames e manter as embalagens afastadas do corpo

Quadro 7 – Matriz de riscos na manutenção de postos de transformação aéreos

## **6 Conclusões**

A manutenção de equipamentos é essencial para garantir a segurança, fiabilidade do equipamento e do ambiente de trabalho. A ausência de manutenção ou a manutenção inadequada podem provocar a paralisação da produção numa organização, situações perigosas, acidentes e problemas de saúde. A manutenção de equipamentos eléctricos de média e alta tensão é uma actividade de alto risco e deve ser executada por técnicos devidamente qualificados e de forma segura.

Os serviços de manutenção são indispensáveis no funcionamento e na prossecução dos objectivos de uma organização. Uma gestão da manutenção deve promover as actividades da manutenção no seio da organização através da valorização dos serviços prestados, melhorar o desempenho a nível operacional e humano, definir os eixos prioritários nos quais intervir e estar dotada de ferramentas adequadas para desenvolver as actividades compostas essencialmente por um bom planeamento, boa execução dos trabalhos e controle de custos. Deve também dar importância aos indicadores de manutenção, instrumentos valiosos para uma monitorização do estado dos equipamentos e para a gestão da manutenção.

Os objectivos da manutenção devem estar em concordância com os objectivos globais da organização. A estratégia da manutenção deve estar orientada para atingir continuamente os objectivos definidos pela organização, revestindo de extrema importância criar e manter um elo forte entre os serviços de manutenção e da produção na busca de soluções que melhorem a disponibilidade dos equipamentos e prioridade das intervenções da manutenção.

Os postos de transformação aéreos são equipamentos geralmente localizados em áreas com uma baixa densidade populacional, de constituição mais simplificada que os restantes postos de transformação não significando uma menor redução das condições de segurança. O guia de manutenção de postos de transformação documento investigado no âmbito desta dissertação no que respeita a acções de manutenção em postos de transformação em geral é uma base de trabalho cuja importância não deve ser menosprezada, visto que, resulta de experiências vividas e adquiridas que correspondem a boas práticas para os interessados no assunto. Como complemento à informação constante no documento e às acções descritas no ponto 5.4 desta dissertação é aconselhável realizar as acções de manutenção seguintes com a periodicidade indicada:

Anual

Medição da resistência de isolamento do transformador;

Medição da resistência de isolamento de cabos.

Sempre que necessário

Diminuição do valor da resistência de terra quando o valor medido exceda 20  $\Omega$ .

Recolha de óleo do transformador para análises físico-químicas;

Verificação da existência de ruídos anormais no transformador quando em funcionamento.

A matriz simples de Somerville foi utilizada para efectuar uma avaliação dos riscos presentes em trabalhos de manutenção de postos de transformação aéreos, sendo de destacar os perigos resultantes de posturas de trabalho inadequadas, sobreforços, contactos directos, indirectos e trabalhos em altura.

Como conclusão final esta dissertação releva pelos seguintes pontos abordados no texto: definição, tipos, objectivos, estratégias, gestão e organização da manutenção, acções de manutenção e inspecção em postos de transformação aéreos e riscos envolvidos, organizados num único documento que pode servir como um instrumento para os interessados no assunto.

Para trabalhos futuros é sugerido:

Estudos que permitam quantificar as actividades de manutenção que permitam introduzir indicadores uteis para a tomada de decisão em manutenção;

Estudos que determinem os custos e proveitos da manutenção recorrendo a métodos estatísticos;

Estudos que recorrem à manutenção centrada na fiabilidade para averiguar a capacidade de obter indicadores de fiabilidade que permitam sintetizar o estado real dos equipamentos;

Estudos sobre os efeitos que a implementação da gestão de activos numa organização exerce sobre as actividades da manutenção a nível de tomada de decisões;

Estudos sobre a criação de um novo tipo de fixação do transformador ao poste aéreo que minimize os riscos de furto deste equipamento;

Estudos que permitam avaliar a viabilidade técnica da consignação dos postos de transformação aéreos ser afectuada através de seccionadores aéreos instalados em postes aéreos a montante do posto de transformação aéreo em alternativa à utilização de equipas TET para a abertura dos arcos;

Estudos que permitam definir quais são os equipamentos de protecção individual fixos que devem existir nos postos de transformação aéreos necessários para operações de desligar e ligar energia;

Organização de conteúdos direccionados para a formação profissional de técnicos que exerçam ou outros que pretendam desenvolver trabalhos relacionados com a manutenção de postos de transformação aéreos. Os conteúdos devem contemplar assuntos tais como: manutenção de equipamentos de média tensão, trabalhos em altura, higiene segurança e saúde no trabalho com especial incidência nos riscos eléctricos e consignação e desconsignação de equipamentos de média tensão.

## ***Bibliografia***

- NP EN 13306 (2007), Terminologia da Manutenção, IPQ.
- Assis, R., (1997), *Manutenção Centrada na Fiabilidade*, Editora Lidel,
- Cabral, J., (2006), Organização e Gestão da Manutenção dos Conceitos à Prática, 6ª edição, Editora Lidel,.
- Farinha, J., (2011), *Manutenção, A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão*, 1ª edição, Editora Monitor.
- Sacristán, (1978), *Manual de Manutenção de Máquinas e Equipamentos Eléctricos*, Plátano Editora.
- Moubray, J. (1997), *Reliability-Centred Maintenance*, Butter-Heinemann, 2ª edição.
- Pinto, A. K. & Xavier, J. A. N. (1999). *Manutenção, Função Estratégica*, Editora Qualitymark.
- Souris, J., (1992), *Manutenção Industrial, Custo ou Benefício*, Editora Lidel.
- Mário B., Eurisko – Estudos, Projectos e Consultoria, S.A.Bryant, P. (2003). *Manual Pedagógico PRONACI, Manutenção*. Acedido em Março, 31, 2013 em [http://pme.aeportugal.pt/Aplicacoes/Documentos/Uploads/2005-03-08\\_15-29-06\\_Manuten%C3%A7%C3%A3o.pdf](http://pme.aeportugal.pt/Aplicacoes/Documentos/Uploads/2005-03-08_15-29-06_Manuten%C3%A7%C3%A3o.pdf).
- Quintas, A. (1998). Definição de uma estratégia de manutenção com vista à melhoria de rendimento global da empresa. In *Manutenção – Pilar Fundamental da competitividade empresarial: Livro de Comunicações do 10º Congresso Ibero-Americano de Manutenção*, 2, 3 e 4 Set. 1998 (13-28).
- Westerkamp, T. A, (1997) *Maintenance Manager's Standard Manual*, segunda edição, Pretence Hall.

- Dhillon, B. S., (2006), Maintainability, Maintenance and Reability for Engineers, Taylor & Francis.
- Pinto, C. V., (1999), Organização e Gestão da Manutenção, Editora Monitor, 1ª edição.
- Business Dictionary, (2013). Website. Acedido em Maio 5, 2013, em <http://www.businessdictionary.com/definition/maintenance.html>.
- United States Environmental Protection Agency (2008). Asset Management: A Best Practices Guide, United States. United States Environmental Protection Agency.(EPA) Website. Acedido Maio 15, 2013, em [http://www.epa.gov/ogwdw/smallsystems/pdfs/guide\\_smallsystems\\_assetmanagement\\_bestpractices.pdf](http://www.epa.gov/ogwdw/smallsystems/pdfs/guide_smallsystems_assetmanagement_bestpractices.pdf).
- Woodhouse, J., (Março, 2001), Asset Management, Asset Management Processes & Tools. Acedido Maio 17, 2013 em <http://www.plant-maintenance.com/articles/AMbasicintro.pdf>.
- State Government of Victoria, (1994). Guidance for implementing the policy – Asset Management Series, State Government of Victoria (SGV) Website. Acedido Maio 15, 2013, em <http://www.dtf.vic.gov.au/CA25713E0002EF43/pages/asset-management-planning-and-reporting-asset-management-policy>.
- Strategic Asset Management Inc. (2002), Defining Asset Management, Strategic Asset Management Inc. (SAMI) Website. Acedido Maio 15, 2013 em [http://www.plant-maintenance.com/articles/Defining\\_Asset\\_Management.pdf](http://www.plant-maintenance.com/articles/Defining_Asset_Management.pdf).
- Dantas, W. (2010). Interpretação das definições de termos de Manutenção estabelecidos pela Norma ABNT NBR 5462 - Manutenabilidade e Confiabilidade. Webartigos Website. Acedido em Maio 15, 2013 em



<http://www.webartigos.com/artigos/interpretacao-das-definicoes-de-termos-de-manutencao-estabelecidos-pela-norma-abnt-nbr-5462-manutenabilidade-e-confiabilidade/35445/>.

- Pmlink, (sem data). Os prós e os contras do outsourcing. Pmlink. Website. Acedido em Maio 18, 2013 em [http://www.pmlink.pt/article/pmlink\\_public/EC/0,1655,1005\\_5051-3\\_41097--View\\_429,00.html](http://www.pmlink.pt/article/pmlink_public/EC/0,1655,1005_5051-3_41097--View_429,00.html).
- Olive, B. (sem data). The benefits of maintenance outsourcing. Plant Services. Wensite. Acedido em Maio 26, 2013 em <http://www.plantservices.com/articles/2004/159.html?page=1>
- Business Dictionary, (2013). Website. Acedido em Junho 12, 2013, em <http://www.businessdictionary.com/definition/risk.html>.
- Agência Europeia para a Segurnça e Saúde no Trabalho (2013). Avaliação de Riscos, Definições. Website. Acedido em Julho 15, 2013 em <https://osha.europa.eu/pt/topics/riskassessment/definitions>.
- EDP Distribuição S.A. (2003). Guia de Manutenção de Posto de Transformação Website. Acedido em Julho 25, 2013 em [http://www.edpdistribuicao.pt/pt/profissionais/EDP%20Documents/guia\\_manut\\_pt.pdf](http://www.edpdistribuicao.pt/pt/profissionais/EDP%20Documents/guia_manut_pt.pdf)
- Nunes, F. (2006) Segurança e Higiene no Trabalho, Manual Técnico, Editora COOPTÉCNICA Gustavo Eiffel, 3ª edição.

- Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho (sem data). FACTS, Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho website. Acedido Agosto 15, 2013, em <https://osha.europa.eu/pt/publications/factsheets/80>.
- Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT), (2011), Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho: Um instrumento para uma melhoria contínua .
- Miguel, A. S. (2005). Manual de Higiene e Segurança do Trabalho (8ª edição.): Porto Editora.
- NP 4397 (2008), Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho Requisitos.
- Lei n.º 102 (2009), Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho. Diário da República, 1.ª série, n.º 176 de 10 de Setembro de 2009.
- Miguel, A. S. (2005). Manual de Higiene e Segurança do Trabalho (8ª edição.): Porto Editora.
- Direcção Geral de Energia (2003), Projecto-Tipo dos Postos de Transformação Aéreos dos Tipos A e AS, (3ª edição): Direcção Geral de Energia.
- Direcção Geral de Energia (1984), Postos de Tranformação Aéreos dos Tipos AI-1 e AI-2 – Memória Descritiva e Justificativa; Lopes da Silva Editora.

## ***Anexo***

### **Relatório de Inspeção de Postos de Transformação Aéreos**

**Fonte: Guia de Manutenção de Postos de Transformação: EDP Distribuição (2003)**

<b>RELATÓRIO DE INSPECÇÃO</b>	N.º
-------------------------------	-----

POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO – AÉREOS

<b>Entidade:</b>	<b>PTC</b>
------------------	------------

**Empresa** \_\_\_\_\_  
**Executante** \_\_\_\_\_  
**Nº Insc. DGE** \_\_\_\_\_  
**Rúbrica / Data** \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**O Técnico Responsável** \_\_\_\_\_  
**Data** \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

TRAVESSA		PRIORIDADE INTERV. A)			OBSERVAÇÕES
		1	2	3	
1	PINTURA – ESTADO GERAL				
<b>APOIO</b>					
2	ESTADO GERAL				
3	ACESSOS				
<b>PLATAFORMA</b>					
4	DO SECCIONADOR – ESTADO GERAL				
5	DO QUADRO – ESTADO GERAL				
6	LIGAÇÃO À TERRA DE PROTECÇÃO				
<b>SECCIONADOR / INTERRUPTOR – SECCIONADOR</b>					
7	PINTURA – ESTADO GERAL				
8	ISOLADORES – BIELAS				
9	FACAS – MAXILAS				
10	COMANDO – REENVIOS				
<b>BARRAMENTO</b>					
11	BARRAMENTO – ESTADO GERAL				
<b>TRANSFORMADOR</b>					
12	ESTADO GERAL DA PINTURA				
13	ISOLADORES - PRIMÁRIO				
14	ISOLADORES - SECUNDÁRIO				
15	NÍVEL DE ÓLEO - FUGAS				
16	SUORTE				

**INSTRUÇÕES DE PREENCHIMENTO**

- A) Assinalar com X a prioridade (1, 2, 3) na quadrícula respectiva, para a resolução das anomalias detectadas.  
 Prazos de resolução (dias): 1 - IMEDIATA; 2 - ≤ 30; 3 - ≤ 60
- B) Identificar em observações a localização exacta dos pontos quentes
- C) Terras (TP e TS) : Normal ≤ 20 Ω      Necessita de Intervenção > 20 Ω

DST (Pára - Raios)		PRIORIDADE INTERV. A)			OBSERVAÇÕES
		1	2	3	
17	ESTADO GERAL				
18	CONSOLA - ESTADO GERAL				
<b>TUBOS DE PROTECÇÃO</b>					
19	ESTADO GERAL				
20	FIXAÇÃO AO APOIO				
<b>QUADRO GERAL BT</b>					
21	INVÓLUCRO - ESTADO GERAL				
22	INVÓLUCRO - PINTURA				
23	PLACA DE IDENTIFICAÇÃO E DE "PERIGO DE MORTE"				
24	CADEADO / CHAVE				
25	DOBRADIÇAS				
26	INTERRUPTOR GERAL				
27	RELÉS TÉRMICOS				
28	IDENTIFICAÇÃO DE SAÍDAS BT				
29	BASES FUSÍVEIS				
30	FUSÍVEIS				
31	ENSAIO DO COMANDO DA ILUMINAÇÃO EXTERIOR				
32	CÉLULA FOTOELÉCTRICA				
33	INTERRUPTOR HORÁRIO				
34	CONTACTORES				
35	EXISTÊNCIA DE PONTOS QUENTES BARRAMENTO / LIGAÇÕES B)				
<b>SISTEMAS DE PROTECÇÃO</b>					
36	VERIFICAÇÃO / ENSAIOS				
<b>MAPAS</b>					
37	MAPA DE REGISTO DE TERRAS C)				TP: Ω TS: Ω
38	MAPA DE PRIMEIROS SOCORROS				
<b>EQUIPAS DE CONTAGEM PRÓPRIAS</b>					
39	CONTADOR _____				
40	CONTADOR _____				
41	TT's				
<b>LIMPEZA</b>					
42	ESTADO GERAL - LIMPEZA				

OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES	